



**MARTA NEVES PINTO MOREIRA DETERMINANTES DA INTENSIDADE ENERGÉTICA  
EM PORTUGAL**



# **DOCUMENTO PROVISÓRIO**





**Universidade de Aveiro**  
2018

Departamento de Economia, Gestão, Engenharia  
Industrial e Turismo

**MARTA NEVES PINTO  
MOREIRA**

## **DETERMINANTES DA INTENSIDADE ENERGÉTICA EM PORTUGAL**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Economia, realizada sob a orientação científica da Doutora Margarita Matias Robaina, Professora Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro, e sob a coorientação científica da Doutora Mara Teresa da Silva Madaleno, Professora Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro.



## **o júri**

### **Presidente**

**Prof. Doutor Joaquim Carlos da Costa Pinho**

professor associado com agregação do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro

**Prof. Doutora Myriam Alexandra dos Santos Batalha Dias Nunes Lopes**

Professora auxiliar do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro

**Prof. Doutora Margarita Matias Robaina**

professora auxiliar do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro





## **Agradecimentos**

Gostaria de agradecer à minha orientadora Professora Doutora Margarita Robaina e à minha coorientadora Professora Doutora Mara Madaleno pelo apoio, disponibilidade e compreensão ao longo de toda esta jornada. Aos meus pais, irmão e amigos pelo apoio incondicional prestado durante todo o meu percurso académico.



## palavras-chave

Intensidade energética, eficiência energética, análise de decomposição, modelo BVAR

## Resumo

O presente trabalho propõe-se determinar e examinar os determinantes da Intensidade Energética em Portugal. É analisada a evolução da Intensidade Energética em Portugal, no período 1995 a 2015, primeiro, fazendo uma análise de decomposição através do método LMDI, separando o efeito estrutural do efeito da intensidade, e depois num segundo passo, aplicando o modelo econométrico BVAR, para perceber que variáveis - PIB *per capita*, peso do VAB da indústria no PIB, Preço da Energia e Fator Total de Produtividade - afetam a Intensidade Energética portuguesa. É possível observar que é o efeito intensidade que tem mais peso na Intensidade Energética, sendo que o efeito estrutural tem um impacto negativo. O PIB, Fator Total de Produtividade e Preço da Energia têm uma influência negativa na Intensidade Energética, sendo o peso do VAB da indústria no PIB a única variável com uma influência positiva. Neste sentido, as políticas energéticas a adotar devem dar maior destaque a setores chave da economia.



**keywords**

Energy intensity, energy efficiency, decomposition analysis, BVAR model

**abstract**

The present work proposes to determine and examine the determinants of Energy Intensity in Portugal. It's made an analysis of the evolution of Energy Intensity in Portugal, for the period 1995-2015, firstly, making a decomposition analysis using the LMDI method, separating the structural effect from the intensity effect, and secondly, estimating a BVAR model to understand which variables - GDP per capita, share of value-added in GDP, Energy Prices and Total Factor Productivity - affect the Portuguese energy intensity. It's possible to observe that it is the intensity effect that has more weight in the Energy Intensity, and the structural effect has a negative impact. The GDP, Total Factor Productivity and Energy Price have a negative influence on Energy Intensity, and the share of value-added in GDP is the only variable with a positive influence. In this sense, the energy policies to be adopted should give greater emphasis to some key-sectors.



# Índice

Índice de Figuras .....	iv
Índice de Tabelas .....	vi
Lista de Acrónimos .....	viii
1. Introdução .....	1
2. Revisão da Literatura .....	5
2.1. Conceito de Intensidade Energética .....	5
2.2. Contexto Mundial da Intensidade Energética .....	6
2.3. Intensidade Energética em Portugal .....	12
2.3.1. Estratégia e Políticas Energéticas Nacionais .....	14
2.4. Variáveis que afetam a Intensidade Energética .....	17
3. Metodologia .....	21
3.1. Decomposição da Intensidade Energética .....	21
3.2. Modelo de Decomposição da Intensidade Energética em Portugal .....	22
3.3. Dados e Modelo Econométrico .....	24
3.3.1. O modelo VAR Bayesiano .....	24
3.3.2. Dados .....	25
4. Resultados Empíricos .....	29
4.1. Resultados da Análise de Decomposição .....	29
4.2. Resultados do Estudo Econométrico .....	31
5. Conclusões .....	43
Referências .....	45
Anexo 1 .....	51
Anexo 2 .....	53
Anexo 3 .....	55
Anexo 4 .....	57
Anexo 5 .....	59
Anexo 6 .....	61





## Índice de Figuras

Figura 1: Consumo total de energia no mundo com projeções a 2040 (quatrilhão de BTU)	7
Figura 2: Consumo mundial de energia por fonte com projeções a 2040 (quatrilhão de BTU) .....	8
Figura 3: Tendências anuais da Intensidade Energética global.....	9
Figura 4: Tendências da Intensidade Energética numa seleção de regiões e no mundo ...	10
Figura 5: Evolução da Intensidade Energética, PIB e Consumo Interno Bruto de Energia na UE28.....	11
Figura 6: Evolução da Dependência Energética de Portugal (%).....	12
Figura 7: Evolução da Intensidade Energética em Portugal e na UE28.....	13
Figura 8: Intensidade Energética de Portugal por tipo de setor consumidor .....	14
Figura 9: Evolução das variáveis em estudo.....	26
Figura 10: Decomposição da Intensidade Energética em Portugal.....	29
Figura 11: Funções generalizadas de resposta ao impulso .....	40



## Índice de Tabelas

Tabela 1: Correlação entre os efeitos estrutural, intensidade e total, 1996-2005.....	30
Tabela 2: Correlação entre os efeitos estrutural, intensidade e total, 2005-2015.....	30
Tabela 3: Correlação entre os efeitos estrutural, intensidade e total, 1996-2015.....	31
Tabela 4: Estatística Descritiva das Variáveis em estudo.....	32
Tabela 5: Covariância entre as Variáveis em estudo.....	33
Tabela 6: Determinação do número ótimo de defasamentos a incluir no modelo .....	33
Tabela 7: Estimação pelo modelo BVAR.....	34
Tabela 8: Variância das Variáveis em estudo .....	39



## Lista de Acrónimos

AMDI: Arithmetic Mean Divisia Index

ASEAN: Associação de Nações do Sudeste Asiático

BRIC: Brasil, Rússia, Índia e China

BTU: British Thermal Unit (unidade térmica britânica)

BVAR: Vetor Autoregressivo Bayesiano

CELE: Comércio Europeu de Licenças de Emissão

ENE: Estratégia Nacional para a Energia

EUA: Estados Unidos da América

GEE: Gases com Efeito de Estufa

I&D: Investigação e Desenvolvimento

IE: Intensidade Energética

IDA: Análise de Decomposição de Índice

LAC: América Latina e Caribe

LMDI: Logarithmic Mean Divisia Index

MENA: Médio Oriente e Norte de África

OCDE: Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico

P.P.: Pontos Percentuais

PDA: Análise de Decomposição Teórica de Produção

PIB: Produto Interno Bruto

PPC: Paridade de Poder de Compra

SDA: Análise de Decomposição Estrutural

TEP: Tonelada Equivalente de Petróleo

UE: União Europeia

UE28: União Europeia a 28 países: Áustria, Bélgica, Bulgária, Dinamarca, Finlândia, França, Alemanha, Grécia, Irlanda, Itália, Luxemburgo, Holanda, Portugal, Espanha, Suécia, Reino Unido, República Checa, Estónia, Hungria, Lituânia, Letónia, Polónia, Roménia, Eslováquia, Eslovénia, Croácia, Noruega e Chipre

VAR: Vetor Autoregressivo



# 1. Introdução

As mudanças climáticas e a segurança energética estão entre os principais desafios enfrentados pela economia mundial no século XXI, o que implica a necessidade de economizar energia à medida que o desenvolvimento económico avança. O panorama mundial energético está em constante mudança, quer por força da economia, diretamente ligada à procura de energia, quer por força das alterações climáticas que nos obrigam a uma ação imediata e planeada para travar o aumento das emissões de Gases com Efeito de Estufa (GEE).

Historicamente, a relação entre o crescimento económico de um país e o consumo de energia têm sido alvo de especial atenção e análise, uma vez que o crescimento económico implica muitas vezes um aumento do consumo de energia, elevando as pressões sobre o ambiente. Menegaki (2014) encontrou pelo menos 51 estudos empíricos sobre a relação entre o crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) e o consumo de energia nas duas últimas décadas. A relação dinâmica entre crescimento económico, consumo de energia e pressão ambiental tem sido estudada para diferentes regiões e países. Entre esses 51 estudos sobre a primeira relação podem ser citados os da Europa (Acaravci e Ozturk (2010), Kasman e Dusman (2015)), América Latina e Caribe (LAC) (Chang e Carballo (2011)), Brasil, Rússia, Índia e China (BRICS) (Pao e Tsai (2011a), Cowan et al (2014)), Médio Oriente e Norte de África (MENA) (Arouri et al. (2012), Omri (2013)), Países da Associação de Nações do Sudeste Asiático (ASEAN) (Saboori e Sulaiman (2013)), da OCDE (Apergis e Payne (2014), Saboori et al. (2014)), e da África Subsariana (Kiviyiro e Arminen (2014)). Entre os estudos sobre a segunda relação, podem ser citados os referenciados ao Brasil (Pao e Tsai (2011b)), Canadá (Hamit-Haggar (2012)), China (Wang et al. (2011), Hang e Yuan-Sheng (2011)), Coreia (Baek e Kim (2013), Park e Hong (2013)), Índia (Tiwari (2012)), Malásia (Ang (2008)), Turquia (Bozkurt e Akan (2014), Ozturk e Acaravci (2010)), Arábia Saudita (Alshehry e Belloumi (2015)) e os EUA (Sogan, B. Turkekul (2015)), entre outros. O conhecimento dessa relação entre crescimento económico e energia é considerado extremamente importante para o desenvolvimento de políticas energéticas e ambientais efetivas para promover o desenvolvimento sustentável. Desta forma conceitos como o de “Intensidade Energética” e “Eficiência Energética” têm sido cada vez mais alvo de análise e estudo em diversos países e setores em particular.

Segundo a Agência Portuguesa do Ambiente (APA) (2018), a Intensidade Energética (a partir de agora designada por “IE”) de uma economia consiste na razão entre o Consumo Interno de Energia e o seu Produto Interno Bruto (PIB). A IE pode ser expressa como um índice monetário e pode ser utilizada para medir a Eficiência Energética, em que a sua diminuição significa mais conservação dos recursos naturais, promoção da segurança energética, menos poluentes ambientais (em particular se estivermos a falar de combustíveis fósseis) e custos de produção. Deste modo, os países desenvolvidos e em desenvolvimento têm demonstrado especial atenção em aumentar a Eficiência Energética e, conseqüentemente, melhorar a IE, cuja principal solução passa por alcançar uma economia de baixo carbono (Ang, 2006). A melhoria da Eficiência Energética é uma das formas mais promissoras de cumprir as metas de emissão estabelecidas pela política climática.

Melhorar a Eficiência Energética é uma forma eficaz de aumentar a segurança energética e a competitividade industrial (Ang. et al., 2010), ajudando ainda a reduzir o consumo de energia e as emissões de CO<sub>2</sub> relacionadas com a energia, contribuindo assim para a sustentabilidade ambiental. Foram já muitos países que implementaram medidas para melhorar a sua Eficiência Energética, aumentando a avaliação do seu desempenho e atraindo cada vez mais a atenção dos formuladores de políticas e investigadores.

A Estratégia Nacional de Desenvolvimento Sustentável (ENDS, 2015) aponta como um dos pontos fracos de Portugal: "Uma grande Intensidade Energética da economia que, não obstante a redução de importância dos sectores industriais pesados continuou em patamares elevados, devido ao acréscimo dos consumos de transporte individual e do sector residencial e dos serviços, responsável pelo aumento significativo das emissões de GEE, implicando grandes dificuldades no cumprimento dos compromissos assumidos com a UE e a nível internacional, que se podem traduzir em fortes penalizações financeiras e no estrangulamento do desenvolvimento."

A ENDS estabeleceu, em 2015, como meta relacionada com o indicador IE: "Reduzir o consumo final de energia em 1% ao ano, relativamente à média dos últimos cinco anos". Esta investigação ganha um destaque particular, uma vez que existe um grande incentivo para estas questões relacionadas com a energia, ambiente e economia, nos objetivos da estratégia “Europa 2020” e “Europa 2030”. Refira-se também que este indicador está associado a uma das metas do Programa Nacional de Reformas Portugal 2020: "aumento da Eficiência Energética em 20%" para 2020, e “aumento da Eficiência Energética em 27%” para 2030.



Na literatura existente, foram utilizadas várias abordagens para a análise da IE, como a análise de decomposição de índice (IDA), abordagem de fronteira, métodos de engenharia e econometria aplicada (Evans et al., 2013). Os estudos realizados para Portugal são pouco extensivos, (destacando o estudo de Marques, M. (2017) onde faz uma análise da IE da Economia portuguesa no período 1995 a 2014 e onde conclui que existem perdas de eficiência energética no período analisado) daí a necessidade de abordar este tema contribuindo para a literatura existente, que é já mais densa em casos de estudo relativamente a outros países.

Nesta dissertação, o objetivo central é explicar quais as variáveis que afetam a IE em Portugal no período 1995 a 2015, demonstrando quais se destacam mais de modo a contribuir para políticas energéticas futuras. É utilizado o método Logarithmic Mean Divisa Index para a análise de decomposição, separando os efeitos estruturais dos efeitos intensidade. Com esta decomposição pretende-se averiguar se a evolução da IE em Portugal está relacionada com uma efetiva redução (ou aumento) de energia por Euro produzido na economia, ou se esta evolução está relacionada com uma alteração estrutural da economia, por exemplo em favor de setores de serviços (menos intensivos em energia) e em detrimento de setores industriais (mais intensivos em energia). De seguida é aplicado o modelo Bayesiano Vetor Autoregressivo para perceber quais as variáveis que afetam a IE em Portugal e em que magnitude.

Como tal, esta dissertação está organizada da seguinte forma: o capítulo 2 inicia um enquadramento teórico e revisão da literatura, englobando os subtemas do conceito de IE, do contexto mundial da IE, da IE em Portugal, das estratégias e políticas energéticas nacionais e, por fim, das variáveis que afetam a IE. O capítulo 3 diz respeito à metodologia e dados. No capítulo 4 é apresentada a análise e discussão dos resultados. Por fim, no capítulo 5, são retiradas as principais conclusões deste trabalho.



## 2. Revisão da Literatura

### 2.1. Conceito de Intensidade Energética

De acordo com o relatório da Agência Internacional de Energia (IEA, 2016), a Intensidade Energética (IE) é definida como sendo “o rácio entre o consumo de energia dividido pelo PIB”. A IE evidencia o grau de eficiência da utilização de energia em relação à riqueza produzida no país, desta forma quanto menor o uso de energia por unidades monetárias, maior a eficiência energética da economia. Este indicador não relaciona apenas a utilização eficiente dos recursos energéticos, mas também a dimensão ambiental e económica inerente.

Os conceitos de IE e de Eficiência Energética são muitas vezes confundidos. De acordo com Bhattacharyya (2011), a Eficiência Energética é o “rácio entre *outputs* em unidades físicas ou convertidas em energia e *inputs* convertidos em energia”. Segundo o relatório da Administração de Informação e de Energia (EIA, 2016) – “International Energy Outlook 2016”, a Eficiência Energética é fundamental para garantir um sistema energético seguro, confiável, acessível e sustentável para o futuro, sendo também a maneira mais rápida e barata de abordar os desafios ambientais, económicos e de segurança energética. O mesmo relatório afirma que a IE não é boa *proxy* da Eficiência Energética. A Intensidade é vista como um conceito mais alargado, incluindo não só a Eficiência Energética, mas também outros fatores como, por exemplo, a organização e a estrutura da economia.

Como refere Sun (2002) e Yang et al. (2016), muitos fatores afetam a IE de um país: o PIB, a energia consumida, o peso do setor da indústria no PIB, o nível tecnológico de um país, o indicador de desenvolvimento humano e progresso populacional e o índice de preços no PIB. A IE permite calcular e comparar o uso de energia ao longo do tempo, assim como mudanças na economia.

Chima (2007) expõe uma lista de referências para a literatura sobre os determinantes da IE realça a relação existente entre o nível de PIB *per capita* e a IE. As economias menos desenvolvidas, que têm uma elevada percentagem de atividades pouco intensivas em energia e com um reduzido nível de vida apresentam assim uma baixa IE. Da mesma forma, o autor explica que as economias em processo de convergência apresentam Intensidades Energéticas crescentes e as economias mais

avançadas, que fazem uso de processos produtivos eficientes e tecnologias economizadoras de energia, podem registrar reduções nas Intensidades Energéticas.

Segundo Pinto Jr. et al. (2007) a variação do consumo final de energia de um país em determinado período de tempo depende: i) do crescimento económico (efeito atividade); ii) das mudanças na estrutura do PIB (efeito estrutura) e; iii) da evolução do conteúdo energético de cada produto (efeito conteúdo). Conforme Di Bartolo, T. (2008), os três efeitos são explicados da seguinte forma: i) efeito atividade: está relacionado a variações no nível de atividade económica que podem modificar a utilização de equipamentos, com diferentes níveis de eficiência, ou provocar a subutilização da estrutura, em caso de capacidade ociosa; ii) efeito estrutura: variações na composição do produto são influenciadas por variações na participação de setores com diferentes Intensidades Energéticas; iii) efeito conteúdo: mudanças no conteúdo energético são decorrentes de diferentes combinações de capital, trabalho e energia, decorrentes de variações nos preços relativos, melhorias técnicas ou de progresso tecnológico.

Segundo Okajima e Okajima (2013), a análise da IE é utilizada como medida do desempenho e do desenvolvimento das economias, assim como da dependência energética, de um país. Proskuriakova e Kovalev (2015) acrescentam que a IE é vista como uma medida vulnerável no fornecimento de energia, sendo esta um fator essencial para os legisladores das políticas energéticas.

## **2.2. Contexto Mundial da Intensidade Energética**

O consumo total de energia no mundo representava, em 2012, cerca de 550 mil bilhões de BTUs<sup>1</sup>, e a tendência é de crescimento. Estima-se que, em 2040, cresça, comparativamente com 2012, cerca de 45%, situando-se nos 800 mil bilhões de BTUs. São os países não pertencentes à OCDE, especialmente a China e a Índia, os responsáveis por mais de metade deste aumento durante o período projetado (2012-2040) pela Administração de Informação de Energia (IEA, 2016), no seu relatório “International Energy Outlook 2016”. A IEA estima que, em 2040, o consumo de energia nos países da Ásia não pertencentes à OCDE ultrapasse o de toda a OCDE em 40 mil bilhões de BTUs (Figura 1).

---

<sup>1</sup> BTU: British Thermal Unit; TOE: Tonne of Oil Equivalent; 1 BTU = 2,5199675 TOE

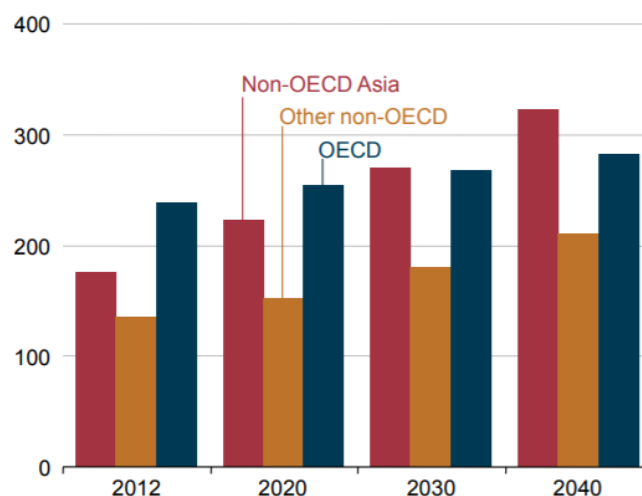


Figura 1: Consumo total de energia no mundo com projeções a 2040 (quadrilhão de BTU)

Fonte: EIA (2016, p.1)

O grupo de países onde o crescimento total de energia será maior é nos países não membros da OCDE, onde se prevê que aumente cerca de 70% de 2012 para 2040, enquanto que o consumo total de energia dos países da OCDE aumenta cerca de 20% no mesmo período.

O mesmo relatório apresenta ainda o crescimento económico, medido através do PIB, como a possível causa das tendências no consumo de energia no mundo observadas na figura 1. O PIB mundial (expresso em termos de paridade de poder de compra), sobe 3,3% ao ano entre 2012 e 2040. Os países emergentes e em desenvolvimento, não membros da OCDE, são os que apresentam as taxas de crescimento mais elevadas, onde o PIB a aumentar cerca de 4,2% ao ano. Em relação aos países desenvolvidos da OCDE, o PIB cresce a um ritmo mais lento de 2% ao ano de 2012 a 2040, uma vez que apresentam economias mais evoluídas e com tendências de crescimento populacional lento ou em declínio.

É possível ainda observar, no mesmo relatório e na figura 2, o consumo mundial de energia por fonte energética também com projeções até 2040.

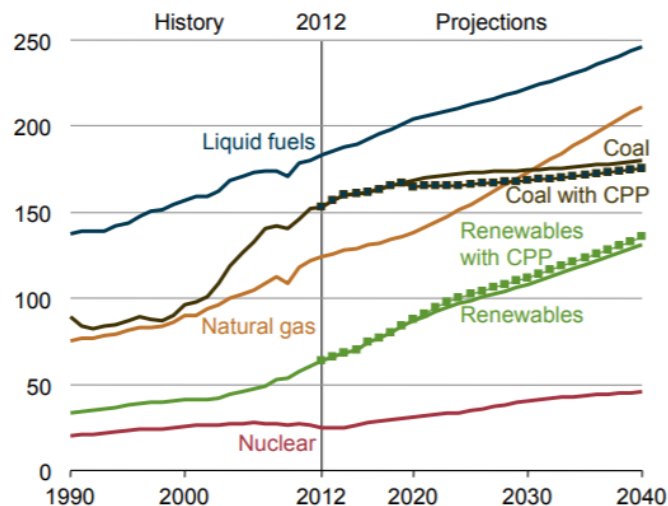


Figura 2: Consumo mundial de energia por fonte com projeções a 2040 (quadrilhão de BTU)

Fonte: EIA (2016, p. 1). Nota: as linhas a tracejado do carvão e da energia renovável indicam projeções do recentemente finalizado “Clean Power Plan” nos EUA. Este regulamento visa a redução da emissão de carbono.

Como analisado na figura 1, o consumo mundial de energia tenderá a aumentar ao longo dos anos, e este aumento faz-se sentir a partir de todas as fontes de combustíveis (figura 2). Em 2040, os combustíveis fósseis ainda representam na matriz energética mundial cerca de 78% do consumo mundial de energia. Apesar de continuarem a ser os combustíveis líquidos (principalmente ligados ao petróleo) a maior fonte energética do mundo, projeta-se uma quebra no seu consumo de 2012 para 2040 (de 33% para 30%). Pelo contrário, são as energias renováveis que apresentam a tendência de crescimento mais acentuada ao longo do período, aumentando cerca de 2,5% ao ano. A energia nuclear é a segunda fonte energética com maior crescimento no mundo, aumentando cerca de 2,3% ao ano no mesmo período projetado. O gás natural é o combustível fóssil com maior crescimento de consumo, aumentando cerca de 1,9% ao ano. Por último, o carvão é a fonte energética com um crescimento no consumo mais lento, subindo em média 0,6% ao ano.

A questão do consumo de energia e a sua relação com o PIB dos países é estudada desde a década de 80 e, segundo Pinto Jr. et al. (2007), tem-se dado cada vez menos importância a questões como o consumo de energia e realçando as questões acerca da IE.

Segundo o relatório da Agência Internacional da Energia, “Energy Efficiency” de 2017 (EIA, 2017), a IE global - medida como a quantidade de procura de energia primária necessária para produzir uma unidade do PIB em paridade de poder de compra (ppc) - caiu 1,8% em 2016, relativamente a 2015 (figura 3). Embora tenha sido menor do que em 2015, houve um aumento significativo nas médias observadas nas décadas anteriores. Enquanto o PIB cresceu 3% em 2016, a procura global de energia aumentou apenas 1,1%. Desde 2010, a IE diminuiu a uma taxa média de 2,1% ao ano, o que é um aumento significativo da taxa média de 1,3% entre 1970 e 2010.

O mesmo relatório alerta porém que, apesar desses impactos positivos, não há espaço para benevolência. O desempenho das políticas energéticas é heterogêneo e a nova implementação destas diminuiu significativamente em 2016, fazendo com que o nível atual de ganhos de Eficiência Energética possa estar em risco. “O declínio na Intensidade Energética global significa que o mundo é capaz de produzir mais PIB para cada unidade de energia consumida - um bônus de produtividade de energia.”

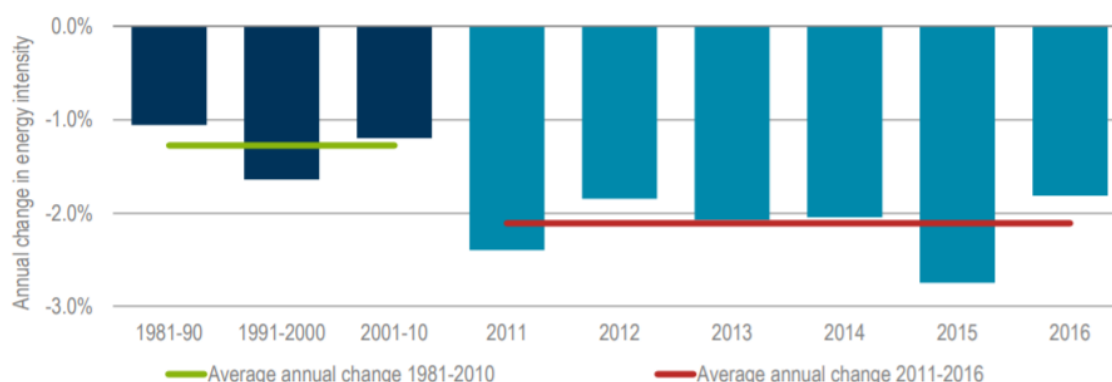


Figura 3: Tendências anuais da Intensidade Energética global

Fonte: relatório EIA (2017, p.16)

As tendências na IE variam amplamente entre países e regiões. A China é o caso de maior impacto nestas tendências, devido sobretudo ao tamanho da sua economia e ao seu consumo elevado de energia. A IE chinesa caiu 5,2% em 2016, refletindo o forte crescimento económico com um aumento mínimo na procura de energia, o que significa que, sem este país, a queda na IE global em 2016 teria sido de apenas 1,1%.

A IE melhorou 2,9% nos Estados Unidos e 1,3% na União Europeia, sendo a queda menos acentuada noutras partes do mundo (Figura 4).

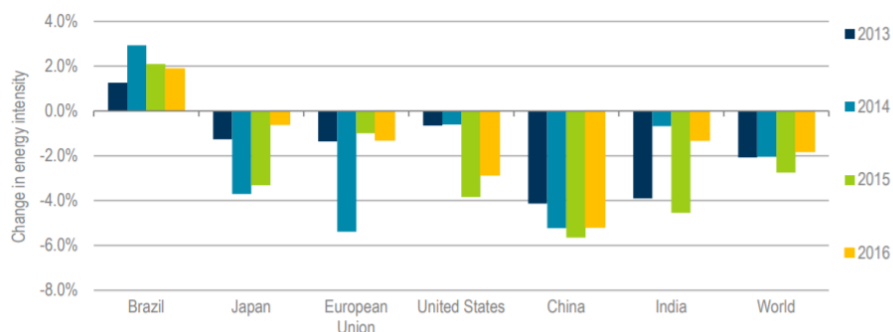


Figura 4: Tendências da Intensidade Energética numa seleção de regiões e no mundo

Fonte: relatório EIA (2017, p.17)

As mudanças na intensidade global de energia podem ser influenciadas por melhorias na eficiência energética, assim como mudanças na estrutura económica, como por exemplo a perda de peso do setor da indústria para o ganho de peso do setor dos serviços, menos intensivo em energia, o que pode explicar o caso do Brasil que apresenta uma IE bastante elevada comparativamente às restantes regiões observadas na figura 4. Os valores bastante baixos da IE da China e da Índia podem ser explicados pela predominância do setor da agricultura, pouco intensivo em energia.

Este indicador - IE – permite também reconhecer a desejada dissociação entre o consumo de energia e o crescimento económico. A dissociação relativa verifica-se quando o aumento do consumo de energia é mais lento do que o crescimento económico. Se o consumo de energia estabilizar ou diminuir, enquanto o PIB continuar a crescer, verifica-se a dissociação absoluta entre estas duas variáveis, associada à natural redução dos impactos negativos sobre o ambiente (APA, 2018).

Relativamente à evolução da IE na UE28, e à dissociação que geralmente se faz com o consumo energético e com o PIB, é possível observar na figura 5, a evolução destes indicadores na UE28 entre 1990 e 2015 (como índice e com valores base de 1990).



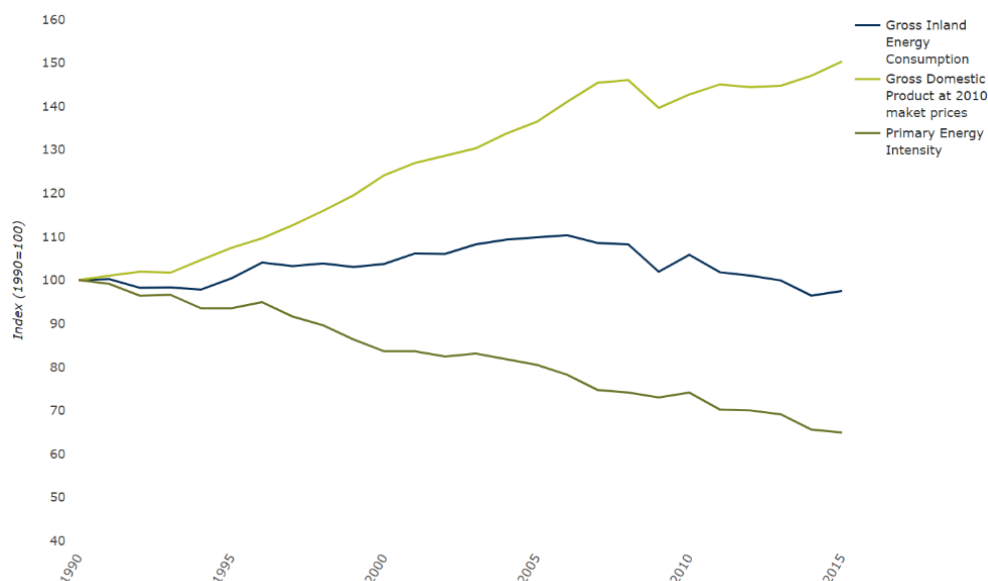


Figura 5: Evolução da Intensidade Energética, PIB e Consumo Interno Bruto de Energia na UE28

Fonte: relatório EEA (2018, p.6)

Entre 1990 e 2005, verificou-se uma dissociação relativa do crescimento económico do consumo interno bruto de energia na UE28, uma vez que o consumo de energia cresceu mais lentamente do que o PIB. A partir do pico do consumo interno bruto da UE28 de 2005/2006, verificou-se uma dissociação absoluta entre o crescimento económico e o consumo interno bruto de energia.

Segundo dados da Agência Ambiental Europeia (EEA, 2018), em 2015, o consumo interno bruto de energia na UE28 foi de 2,5% abaixo dos níveis de 1990, uma diminuição média de 0,1% ao ano, enquanto o PIB (medido em preços constantes de 2010) cresceu 1,6% ao ano. Em consequência, a IE na UE28 diminuiu 1,7% por ano durante este período.

A Agência Ambiental Europeia (EEA, 2018) afirma ainda que, na UE28, a redução observada na IE foi influenciada por melhorias na Eficiência Energética bem como pelo aumento da energia renovável no *mix* de energia e por mudanças estruturais na economia. Um aumento do peso do setor dos serviços no PIB em detrimento do setor da indústria também se apresentou como um fator contributivo.

## 2.3. Intensidade Energética em Portugal

Portugal é um país com escassos recursos energéticos fósseis endógenos, nomeadamente, aqueles que asseguram a generalidade das necessidades energéticas da maioria dos países desenvolvidos (como o petróleo, o carvão e o gás natural). A escassez destes recursos conduz a uma elevada dependência energética<sup>2</sup> do exterior (historicamente com valores entre 80 a 90%), nomeadamente das importações de fontes primárias de origem fóssil. A aposta nas energias renováveis e na eficiência energética, com maior incidência nos últimos anos, tem permitido a Portugal baixar a sua dependência para níveis inferiores a 80%. (DGEG, 2016).

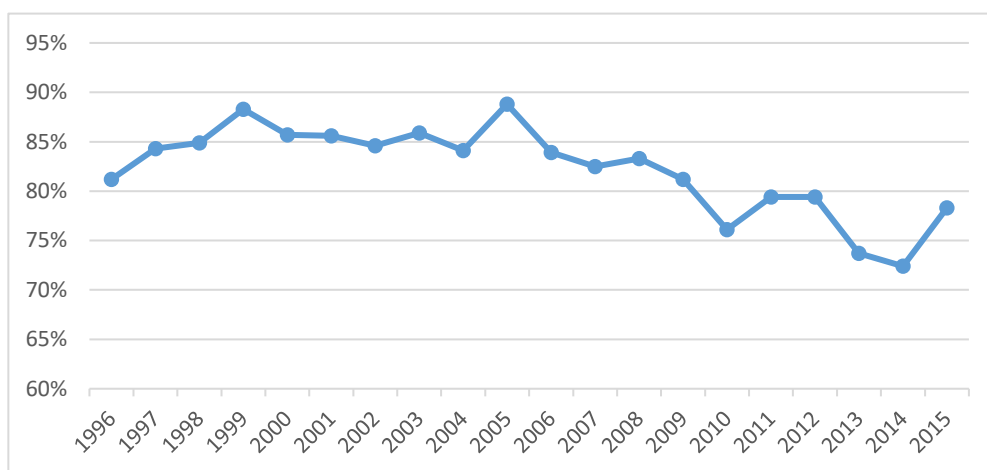


Figura 6: Evolução da Dependência Energética de Portugal (%)

Fonte: Elaboração própria com base de dados do DGEG (2016)

Em 2015, a dependência energética situou-se em 78,3% (figura 6), representando um aumento de 5,9 p.p. face a 2014 e uma redução de 10,5 p.p. face a 2005, ano em que se verificou a dependência energética mais elevada dos últimos anos. Este aumento da dependência energética, em 2015 face a 2014, resulta em grande parte do decréscimo da produção de eletricidade de origem renovável, em particular a hídrica e a eólica, conduzindo a um aumento do consumo de carvão e gás natural para a produção de eletricidade e resultando num aumento das importações. A dependência energética está relacionada, por um lado, com a atividade económica, que teve maior retoma em

<sup>2</sup> A dependência energética (DE) é calculada a partir da expressão:  $DE (\%) = \frac{Imp-Exp}{CEP+NMI+AI} \times 100$ ; em que:  
Imp=Importações, Exp=Exportações, CEP=Consumo de Energia Primária, NMI=Navegação Marítima Internacional, AI=Aviação Internacional (DGEG, 2016)

2015, mas também pode também estar relacionada a mudanças da meteorologia. Anos como 2005 e 2012, onde se verifica uma subida da dependência energética, podem estar relacionados com períodos de seca, uma vez que estes dois anos foram dos anos mais secos em Portugal (APA, 2018).

A aposta na Eficiência Energética começa a ser visível nos níveis de IE da economia portuguesa, que têm vindo a diminuir desde 2005, começando a convergir com a média da União Europeia (UE28), ainda que tenha, geralmente, apresentado valores superiores. (figura 7).

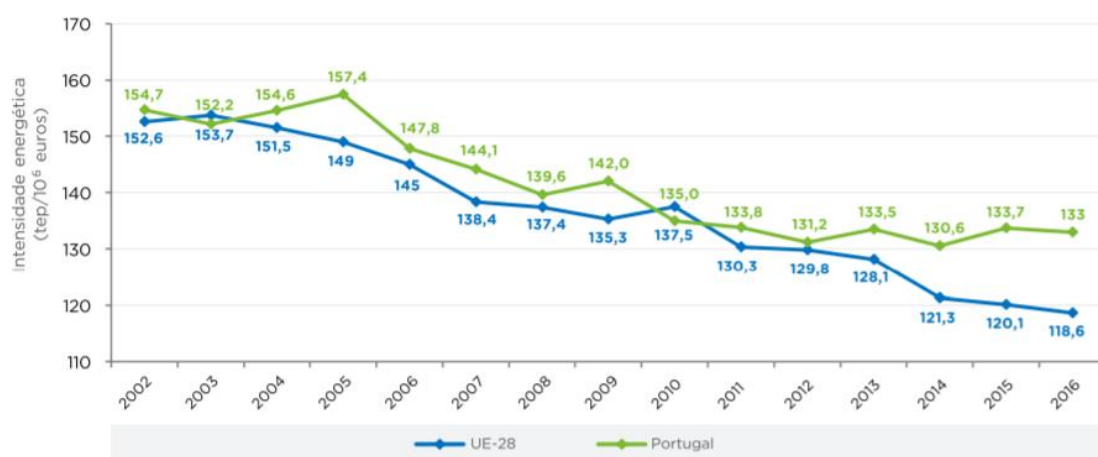
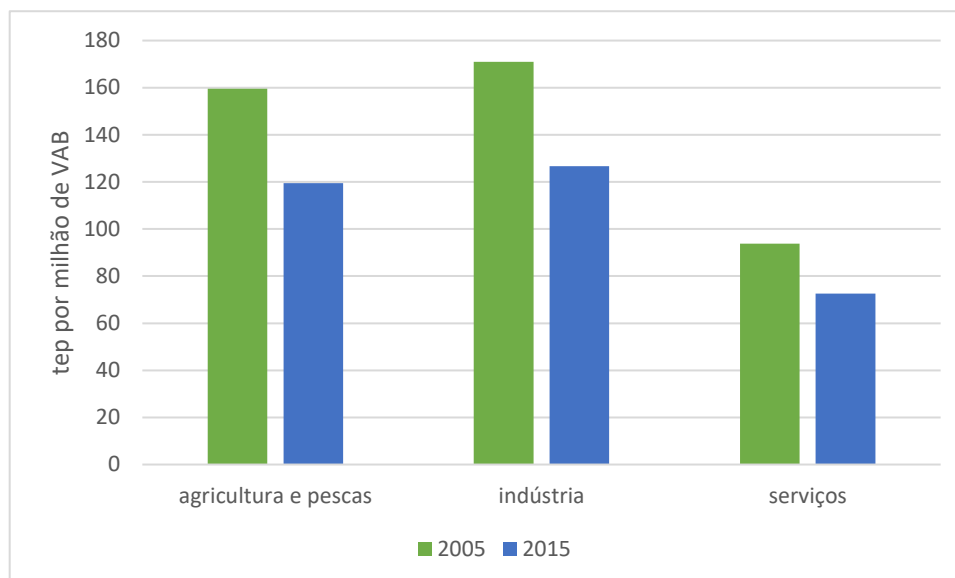


Figura 7: Evolução da Intensidade Energética em Portugal e na UE28

Fonte: Eurostat, 2018

Portugal apresentou em 2016 uma IE de 133 tep/M€, enquanto a média da UE28 foi de 118,6 tep/M€. Mantém-se, assim, ao longo dos anos, uma elevada IE da economia, apesar de revelar uma tendência decrescente desde 2005.



**Figura 8: Intensidade Energética de Portugal por tipo de setor consumidor**

Fonte: Elaboração própria com base de dados do Pordata

Observando a IE por tipo de setor consumidor – Agricultura e Pescas, Indústria e Serviços – nos anos de 2005 e 2015 (figura 8), é possível constatar que em todos os setores a tendência da IE é de diminuir. Em 2015, relativamente a 2005, a IE do setor Agricultura e Pescas diminuiu 25,08%, do setor Indústria diminuiu 25,91% e do setor dos Serviços diminuiu 22,60%. É possível ainda observar que o setor da Indústria continua ao longo dos anos a ser o setor mais intensivo em energia, apesar de ser este o setor onde se observa uma maior descida da IE.

### 2.3.1. Estratégia e Políticas Energéticas Nacionais

O objetivo da política energética na Europa procura o equilíbrio entre o desenvolvimento sustentável, a competitividade e a segurança entre os estados membros, e isto só pode ser alcançado se for promovida a Eficiência Energética, o uso de energias renováveis, o investimento em tecnologia, a diminuição das emissões de CO<sub>2</sub> e a redução das emissões poluentes (Etty, T. et al., 2008).

Tanaka (2008) defende que as políticas energéticas estão quase sempre associadas a reduções do consumo de energia. A redução do consumo de energia torna-se, assim, um fator importante na IE, onde existe a necessidade de haver indicadores a nível nacional e talvez também a nível regional

para a aplicação de medidas de Eficiência Energética. Afirmar também ser uma preferência a redução da energia utilizada nos setores residencial, transportes, serviços e indústria.

As políticas energéticas geralmente centram esforços em duas direções: (i) a promoção dos bens energeticamente eficientes através de incentivos/subsídios ou na aplicação de tarifas; (ii) no comportamento do consumidor através de informação que incentive à poupança de energia, centrada na sensibilização moral do consumidor (Oikonomou et al, 2009).

Neste contexto, considera-se que, a curto prazo, todo o esforço na procura de uma energia mais sustentável deverá centrar-se no reforço de ações no âmbito da Eficiência Energética e fazer uso das melhores tecnologias já disponíveis. A médio e longo prazo, a aposta deverá ser no apoio ao desenvolvimento de novas tecnologias.

Portugal desenvolveu, nesta matéria, uma série de propostas observáveis no Quadro Estratégico para a Política Climática (QEPiC), que inclui os principais instrumentos de política nacional, do qual se destaca o Programa Nacional para as Alterações Climáticas 2020/2030 (PNAC 2020/2030).

Segundo a APA (2018), o PNAC 2020/2030 visa garantir o cumprimento das metas nacionais em matéria de alterações climáticas. É considerado um plano de “2.ª geração” que aposta na integração da política climática nas políticas setoriais e é sustentado num processo de implementação dinâmico conferindo aos setores a oportunidade de identificação das políticas e medidas que contribuem para o estabelecimento de metas de redução de emissões, suportado no Sistema de Políticas e Medidas (SPeM). Apresenta como objetivos:

- Promover a transição para uma economia de baixo carbono, gerando mais riqueza e emprego;
- Assegurar uma trajetória sustentável de redução das emissões de GEE de forma a alcançar uma meta de -18% a -23% em 2020 e de -30% a -40% em 2030, em relação a 2005, garantindo o cumprimento dos compromissos nacionais de mitigação e colocando Portugal em linha com os objetivos europeus nesta matéria;
- Promover a integração dos objetivos de mitigação nas políticas setoriais.

No que toca à energia mais concretamente, Portugal adotou a Estratégia Nacional para a Energia (ENE) que foi lançada em abril de 2010, e que nomeia os principais objetivos para o ano de 2020:

- Dependência: Reduzir a dependência energética face ao exterior para 74% (era de 83% em 2008) e reduzir em 25% o saldo importador energético com a energia produzida a partir de fontes endógenas;
- Renováveis: Fazer com que 60% da eletricidade produzida e 31% do consumo de energia final tenham origem em fontes renováveis;
- Eficiência: Reduzir 20% do consumo de energia final, nos termos da política Comunitária para a energia e desenvolver um *cluster* industrial associado à promoção da Eficiência Energética assegurando a criação de 21 000 postos de trabalho anuais, gerando um investimento previsível de 13.000 milhões de euros até 2020 e proporcionando exportações equivalentes a 400 milhões de euros;
- Ambiente: Fazer cumprir as metas de redução de emissões assumidas por Portugal no quadro Europeu.

A ENE 2020 visa implementar uma série de medidas e estratégias através da utilização de cinco grandes vetores: competitividade, crescimento e independência energética e financeira; aposta nas energias renováveis; promoção da Eficiência Energética; garantir segurança no abastecimento energético; sustentabilidade económica e ambiental (Fonseca, A. et al. (2015).

Foi ainda lançado, pelo Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE 2016), a meta geral de redução de 25% e meta específica para a Administração Pública de redução de 30% do consumo de energia primária até 2020.

Posteriormente, em 2014, e pelo Conselho Europeu, foram estabelecidas metas de energia e clima para 2030, mais especificamente:

- Estabelecer, pelo menos, 27% de quota de energias renováveis;
- Estabelecer uma quota de 27% para a Eficiência Energética;
- Aumentar 10% as interligações elétricas existentes em 2020 e 15% em 2030;

## 2.4. Variáveis que afetam a Intensidade Energética

Miketa (2001), com o intuito de apurar a relação das variáveis investimento, produção e preço da energia com o índice de IE, utilizou dados de 39 países de 1971 a 1996. Segundo este autor, a produção e os preços demonstraram-se direta e indiretamente relacionados, respetivamente, com a IE, isto é, quanto mais desenvolvida a indústria, maior a produção e sua IE. Em relação ao preço da energia utilizada, quanto mais elevado este preço, menor será a IE da indústria. Contudo, os resultados relacionados com a variável investimento foram ambíguos e pouco significativos. Conforme o mesmo autor, os países desenvolvidos possuem menor IE do que os países em desenvolvimento. Os países em desenvolvimento tendem a elevar a IE devido à adição de capacidade produtiva. Segundo o referido autor, os dados empíricos dos países em desenvolvimento demonstram um aumento do indicador de IE, enquanto os países desenvolvidos apresentam este indicador mais estável no curto prazo. Como tal, as políticas energéticas a adotar por estes diferentes países têm de ser devidamente ajustadas à estrutura económica de cada um.

Estudos anteriores sobre a IE focam a decomposição desta em vários fatores, tornando este um tópico de principal destaque. Ma e Stern (2008) decompuseram a IE da China e descobriram que o principal fator que levou a um decréscimo da IE foi a mudança tecnológica acompanhada também por algumas mudanças estruturais. Para além disso, a substituição de combustível teve também uma pequena participação nas alterações da IE.

Shahiduzzaman e Alam (2013) decompuseram a IE na Austrália e concluíram que os fatores por trás do declínio da IE foram as mudanças na Eficiência e na estrutura. Já Jimenez e Mercado (2014), pela decomposição da IE dos países da América Latina, consideraram também a melhoria da Eficiência como o fator importante de diminuição da IE, mas pelo contrário concluíram que mudanças na composição das atividades económicas não levaram a mudanças claras na IE. Acrescentaram ainda que o PIB *per capita*, os preços dos combustíveis, o *mix* energético, produtividade dos recursos naturais e o crescimento do PIB foram fatores determinantes de IE e Eficiência Energética.

Mais tarde, Parker e Liddell (2016) decompuseram a IE do setor da manufatura dos países da OCDE e concluíram que a melhoria na Eficiência Energética foi o principal fator de diminuição da IE desde 1980. Anteriormente, Mulder e de Groot (2012) procederam a uma decomposição da análise das mudanças estruturais e da convergência da IE em 18 países da OCDE e concluem que esta é explicada a partir de mudanças na estrutura setorial e de eficiência. Já Voigt et al. (2014) estudaram

40 grandes economias, concluindo que as mudanças tecnológicas causaram a melhoria da eficiência, embora em alguns países as mudanças na composição das indústrias tenham ajudado a diminuir a IE.

Vários outros estudos utilizaram também modelos econométricos para analisar as mudanças na IE e os seus determinantes. Mielnik e Goldemberg (2002) estudaram 20 países em desenvolvimento e afirmaram que a diminuição da IE estava correlacionada com o aumento do investimento direto estrangeiro como resultado da implementação de novas tecnologias. Numa amostra de 85 países, os resultados de Stern (2012) mostraram que há uma correlação positiva entre a IE e a produtividade total dos fatores, moeda desvalorizada e fontes de combustíveis fósseis. Conclui o seu estudo evidenciando o aumento do progresso tecnológico e do desenvolvimento do capital humano como essenciais na melhoria da IE e da poluição ambiental.

Sadorsky (2013) estudou 76 países em desenvolvimento e evidenciou que a Intensidade de Energia está negativamente correlacionada com o PIB e positivamente relacionada com a urbanização e a industrialização. Afirmou ainda que as políticas que fomentam um crescimento do PIB podem ser cruciais no crescente impacto da urbanização e industrialização, eventualmente diminuindo a IE. Li et al. (2013) analisaram a estrutura económica, estrutura de consumo de energia e avanços tecnológicos em três regiões da China e constataram que as mudanças tecnológicas são o fator influente mais importante nas mudanças de IE. Filipović et al. (2015) estudaram fatores influentes sobre a IE na União Europeia e descobriram que os preços da energia, especialmente o preço da eletricidade, tiveram a maior influência na IE e que o imposto sobre a energia foi uma ferramenta política eficaz para melhorar a Eficiência Energética.

Mais tarde, Tan e Lin (2018) investigaram os fatores que levaram a uma diminuição da IE dos setores intensivos em energia da China e concluíram que o fator tecnológico foi o mais significativo. Assim, apontam como principais políticas a adotar: aumentar os investimentos em I&D nas indústrias intensivas em energia da China; reformar gradualmente o preço da energia; e melhorar o *layout* de indústrias intensivas em energia. Já considerando países da União Europeia, Petrovic et al. (2018) estudaram os fatores que definem o nível da IE no período 1995-2015. Concluíram que a Formação Bruta de Capital Fixo e o VAB industrial detêm uma influência positiva e, pelo contrário, o PIB *per capita* e o preço dos produtos petrolíferos detêm uma influência negativa na IE. Concluem ainda que o Investimento Direto Estrangeiro não apresenta uma influência significativa.



Por último, e considerando setores de atividade económica, refira-se que Wurlod e Noailly (2018) analisaram o impacto da inovação verde na IE para 14 setores de 17 países da OCDE, no período 1975-2005, e concluíram que a inovação verde contribuiu para o declínio na IE na maioria dos setores, na seguinte magnitude: um aumento de 1% das inovações verdes num determinado setor está associado a um declínio de 0,03% da IE, sendo também este efeito de maior magnitude nos anos mais recentes. Através de uma análise de decomposição mostraram ainda que, em geral, 50% da diminuição da Intensidade de Energia está relacionada com as mudanças nos preços de energia e os outros 50% relacionados com alterações nas tecnologias de produção.



### 3. Metodologia

Neste capítulo, pela técnica de decomposição LMDI – Logarithmic Mean Divisa Index, é inicialmente decomposta a IE de Portugal nos efeitos intensidade e estrutural. Posteriormente, com o programa Eviews, é estimado um modelo econométrico para identificar os determinantes da IE da economia portuguesa.

#### 3.1. Decomposição da Intensidade Energética

A análise de decomposição é um método utilizado para decompor as alterações de uma determinada variável em vários fatores que são pré-definidos e mais fáceis de explicar (Lin e Du, 2014). Existem principalmente três categorias de métodos de análise de decomposição: Análise de Decomposição Estrutural (SDA), Análise de Decomposição de Índice (IDA) e Análise de Decomposição Teórica de Produção (PDA).

A SDA é, dos três métodos, a que possibilita uma análise mais detalhada uma vez que, é necessária a análise da tabela de input-output (que contém os dados de cada setor económico). Porém, por requerer uma quantidade maior de dados e muitos países não terem uma tabela anual de input-output, este torna-se um método não muito utilizado. Assim, a IDA, um método menos complicado e mais flexível (Lyu et al., 2016), é uma ferramenta mais popular na literatura (Hoekstra e Van den Bergh, 2003). O IDA não usa tantos dados quanto o SDA e é mais direto. No entanto, a IDA não consegue revelar as razões para a diminuição da IE setorial. Além do IDA e SDA, o PDA é baseado na teoria de produção e análise de dados. Wang (2007); e Zhou e Ang (2008) propuseram pela primeira vez o PDA e conseguiram explicar melhor e economicamente o efeito de Intensidade de Energia (declínio da IE setorial) que pode ser decomposto pelo IDA.

A Análise de Decomposição de Índice, que tem sido aplicada a vários campos, incluindo questões energéticas e ambientais, pode ainda ser dividida em dois métodos: “Arithmetic Mean Divisia Index (AMDÍ) e Logarithmic Mean Divisa Index (LMDI), no qual ainda se subdividem em decomposição multiplicativa e decomposição aditiva (Ang, 2004a). Este autor fez ainda uma análise comparativa dos métodos de análise de decomposição aplicado à energia, discutiu as suas propriedades e recomendou o método LMDI para uso geral.

A técnica de decomposição da IE permite separar o impacto das mudanças na estrutura económica, assim como o impacto da Eficiência Energética na IE. As informações obtidas a partir da decomposição da IE têm impactos diretos para a elaboração de políticas energéticas. O efeito estrutural, obtido a partir da decomposição, mostra a influência de mudanças na combinação de atividades económicas sobre a IE. Este efeito é influenciado pelo facto das economias tenderem a evoluir para uma estrutura económica com setores menos intensivos em energia. O efeito de intensidade é influenciado por fatores como preços de energia, impostos, padrões regulatórios, motivações financeiras, avanço tecnológico, etc., que geralmente estão sob controlo direto dos formuladores de políticas.

Se a eficiência do consumo de energia aumenta (diminui) com o tempo, o efeito de intensidade desce (sobe). Portanto, antes de estimar modelos econométricos, a decomposição da IE pode ajudar a entender melhor os fatores da IE.

O facto da técnica de decomposição simples ser aplicada a Portugal diz respeito à crescente preocupação nacional e europeia ao nível desta temática e o interesse pessoal em averiguar e compreender melhor a forma de como a nossa economia é influenciada.

### **3.2. Modelo de Decomposição da Intensidade Energética em Portugal**

As alterações da IE podem ser decompostas em dois principais efeitos para cada subsetor da economia  $i$ , e para cada período de estudo. Os efeitos escolhidos para análise neste trabalho tiveram em conta decomposições deste género na literatura (Ang 2004b). Esta metodologia é amplamente utilizada e os seus resultados são considerados bastante robustos e consistentes, uma vez que são livres de resíduos (Ang and Liu, 2007).

Cada efeito adaptado à economia é então apresentado e explicado da seguinte forma:

- (i) O consumo energético de cada setor, por output produzido. Efeito intensidade ( $I_{i\ t}$ ).
- (ii) O peso de cada setor no PIB. Efeito estrutural ( $S_{i\ t}$ ).

A forma matemática de decomposição da IE, denominada por  $IE$ , é então demonstrada pela equação (1).

$$IE_t \equiv \frac{E_t}{Y_t} = \sum_i \left( \frac{E_{it}}{Y_{it}} \right) \left( \frac{Y_{it}}{Y_t} \right) \equiv \sum I_{it} S_{it} \quad (1)$$

Onde,  $E_t$  é o consumo energético total no ano  $t$ ,  $E_{it}$  é o consumo energético de cada setor  $i$  no ano  $t$ ,  $Y_t$  é o PIB no ano  $t$ , e  $Y_{it}$  é o Valor Acrescentado Bruto (VAB) de cada setor  $i$  no ano  $t$ . Assim sendo, a IE de uma economia pode ser apresentada como uma função de IE de cada setor,  $I_{it}$  e o peso de cada setor no PIB,  $S_{it}$ , dando origem, respetivamente, ao efeito intensidade  $D_{intensidade}$  e ao efeito estrutural  $D_{estrutural}$ .

Todos os dados desta análise foram retirados da base de dados do Pordata para o período de 1995 a 2015: o consumo energético total e o consumo energético por setor, ambos medidos em milhares de tep, o PIB e o VAB setorial, medidos em milhões de euros, a preços constantes. Os setores considerados para a análise são: Indústria, Transportes, Agregados domésticos, Agricultura e Pescas e Serviços.

Neste trabalho é aplicado o método LMDI para calcular as alterações da IE, onde os efeitos estruturais e de intensidade são calculados utilizando as seguintes fórmulas, seguindo o estudo de Ang (2004b):

$$D_{intensidade} = \exp \left\{ \sum_i \frac{\left[ \left( \frac{E_{it}}{Y_t} - \frac{E_{i0}}{Y_0} \right) / \left( \ln \frac{E_{it}}{Y_t} - \ln \frac{E_{i0}}{Y_0} \right) \right]}{[(I_t - I_0) / (\ln I_t - \ln I_0)]} \cdot \ln \left( \frac{I_{it}}{I_{i0}} \right) \right\} \quad (2)$$

$$D_{estrutural} = \exp \left\{ \sum_i \frac{\left[ \left( \frac{E_{it}}{Y_t} - \frac{E_{i0}}{Y_0} \right) / \left( \ln \frac{E_{it}}{Y_t} - \ln \frac{E_{i0}}{Y_0} \right) \right]}{[(I_t - I_0) / (\ln I_t - \ln I_0)]} \cdot \ln \left( \frac{S_{it}}{S_{i0}} \right) \right\} \quad (3)$$

O efeito total é igual a:  $D_{total} = D_{intensidade} \cdot D_{estrutural}$ .

Na leitura e análise destes efeitos é importante ter em conta que 1) Uma subida nos efeitos intensidade implica agravamentos na IE total, ou seja, um aumento do consumo de energia para a mesma produção, e vice-versa; e 2) Uma subida nos efeitos estruturais, significa um aumento da importância da produção desse setor para a economia, e vice-versa. Espera-se um impacto negativo (diminuição) do efeito estrutural na IE, se a economia estiver a verificar um caminho de terciarização. Caso a economia tenha uma grande importância e expansão da indústria, o impacto deste efeito na IE poderá ser positivo (aumento).

### **3.3. Dados e Modelo Econométrico**

#### **3.3.1. O modelo VAR Bayesiano**

Os modelos de vetores autorregressivos (VAR) surgiram na década de 80 como resposta às críticas ao grande número de restrições impostas às estimações pelos modelos macro econométricos estruturais, desenvolvendo assim modelos dinâmicos com o mínimo de restrições, nos quais todas as variáveis económicas são tratadas como endógenas (Banco Central do Brasil, 2004). Esta metodologia utiliza algumas premissas sobre a série a ser analisada, conseguindo captar o efeito autorregressivo de uma variável sobre si mesma e, também, o efeito de outras séries sobre a mesma variável. Além disso, possibilita a estimação de diversas variáveis, simultaneamente, evitando, problemas de identificação dos parâmetros em modelos multi-equacionais. Os modelos VAR impõem apenas como restrições: a escolha do conjunto relevante de variáveis e do número máximo de defasamentos envolvidas nas relações entre elas, sendo que este último é normalmente escolhido nestes modelos com base em critérios estatísticos como os de Akaike (1974) ou Schwarz (1978).

Os modelos VAR têm uma estrutura simples e extremamente flexível. A definição do modelo necessita apenas que se escolham as variáveis que integram o modelo bem como a ordem do processo autorregressivo que se pretende considerar. Contudo, os modelos VAR não são isentos de críticas (Banco de Portugal, 2002). São apontadas duas principais limitações a este modelo: a primeira refere-se ao elevado número de parâmetros a estimar e a segunda diz respeito ao fato de que seja apenas uma “forma reduzida”, ou seja, as mesmas relações entre as variáveis e os seus defasamentos são simultaneamente compatíveis com vários diferentes modelos. Uma maneira simples de amenizar a sobre parametrização dos modelos VAR é impor que os coeficientes de algumas variáveis sejam iguais a zero (Banco Central do Brasil, 2004).

No sentido de ultrapassar as principais limitações do modelo VAR, surgem os modelos VAR de estatística Bayesiana – os modelos BVAR (Bayesian Vector Autoregression). De entre as principais vantagens práticas subjacentes à abordagem bayesiana, o Banco Central Europeu (2006) destaca dois factos: por um lado, as distribuições de probabilidades, para cada conjunto de parâmetros, são sempre válidas, independentemente do tamanho da amostra; por outro lado, é possível fazer inferências sobre a ordem de cointegração e outras restrições aos parâmetros do modelo.

Segundo o Boletim Económico do Banco de Portugal (2002), a principal vantagem dos modelos BVAR é a possibilidade de combinar informação amostral com informação *a priori* de uma forma absolutamente transparente, sendo que possibilita também caracterizar a trajetória futura das variáveis económicas em termos probabilísticos. A objetividade por detrás deste tipo de modelos é também uma vantagem relevante, na medida em que as previsões podem ser facilmente replicadas.

No trabalho acima mencionado, apresentava-se na altura, uma visão pioneira, na medida em que estudos antecedentes sobre modelos VAR Bayesianos desenvolvidos para a zona euro não incorporavam a modelação explícita de relações de longo prazo, facto que não acontece no trabalho em questão. Assim, o objetivo imediato desta aplicação para a zona euro é a previsão de um conjunto de variáveis que habitualmente desempenham um papel preponderante em exercício de previsões: o produto, o desemprego, a inflação, os salários, a taxa de juro e a taxa de câmbio.

Contudo, os modelos BVAR também sofrem algumas críticas como o facto de não fazer uma interpretação económica dos resultados, ou ainda, de não incorporarem de forma explícita relações de longo prazo entre as variáveis.

### **3.3.2. Dados**

De forma a conhecer os determinantes da IE, será estimado o modelo econométrico VAR *Bayesiano*.

Na análise Bayesiana não se assumem amostras grandes (o que acontece no presente caso), como no caso da estimação pelo método de máxima verosimilhança, onde pequenas amostras podem ser analisadas sem perder graus de liberdade e mantendo a precisão nas estimações. Como Lee e Song (2014) demonstram, a estimação Bayesiana requer um rácio menor entre parâmetros e observações.

Para esta análise será considerada a equação (4).

$$IE = f(\text{PIB}, \text{IND}, \text{TFP}, \text{PE}) \quad (4)$$

Na equação (4) é considerada a IE como variável dependente e as seguintes variáveis independentes: PIB, IND, TFP e PE.

Foram considerados dados anuais sobre a IE da economia (tep por milhão de PIB), denotada por IE; o Produto Interno Bruto *per capita* a preços constantes de 2011, medido em milhões de euros e denotado por **PIB**; o rácio do Valor Acrescentado Bruto da Indústria sobre o PIB, em índice e denotado por **IND**; **P** corresponde ao índice de Preços da Energia total (indústria e doméstico) como uma *proxy* ao Preço da Energia; e o **TFP** representa o índice de produtividade multifatorial (ano base 2010) como *proxy* do Fator Total de Produtividade<sup>3</sup>.

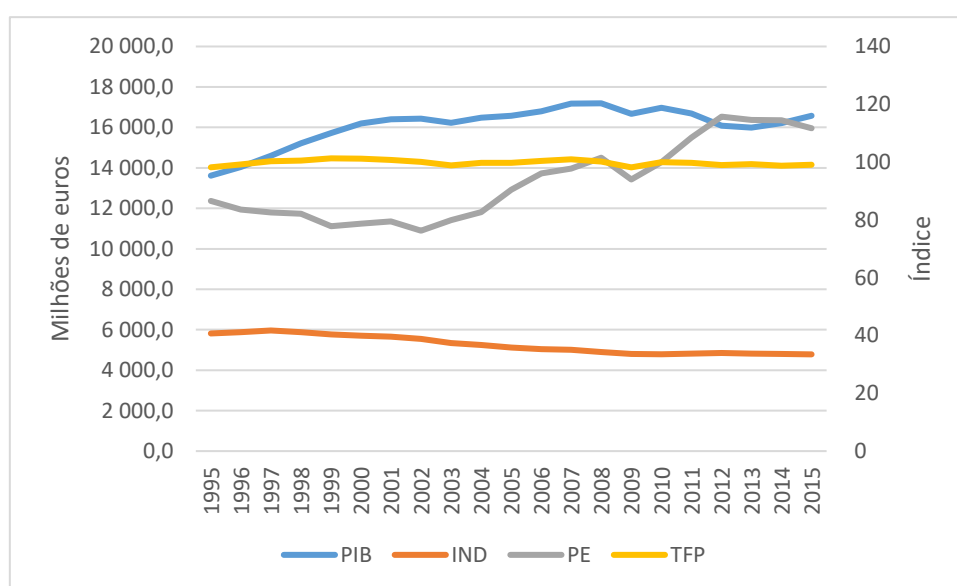


Figura 9: Evolução das variáveis em estudo

Fonte: Elaboração própria com base de dados do Pordata e da OCDE

Com vista a uma melhor análise e compreensão de resultados, é apresentado na figura 9 a evolução das variáveis que serão utilizadas no estudo. Como visto anteriormente na figura 7, a IE apresenta uma tendência decrescente ao longo dos anos, razão pela qual não se apresenta novamente nesta figura. O PIB tem vindo a crescer, ainda que mais lentamente nos últimos anos, apresentando em 2015 o valor de 16.578,9 milhões de euros. O PE, medido em índice, tem aumentado significativamente ao longo dos anos, embora com algumas oscilações, o TFP, também medido em

<sup>3</sup> Medida de desenvolvimento tecnológico, ou seja, a parte do crescimento da economia que não é explicada pelo crescimento tradicionalmente medido pelo trabalho e capital.



índice, tem permanecido praticamente constante, e por fim, o IND tem sofrido uma ligeira descida nos últimos anos, o que pode indicar que o setor da indústria está a perder peso para o setor terciário.

Hatzigeorgiou et al. (2011) afirmaram que o sinal esperado do PIB é positivo quando relacionado com a IE, ou seja, aumentando o PIB também aumenta a IE. Esta lógica pressupõe que um aumento no rendimento económico implica um aumento de IE, sendo que esta situação se verifica maioritariamente nos países em desenvolvimento, uma vez que elevadas taxas de crescimento do PIB estão associadas a taxas elevadas de consumo de energia, aumentando a IE. Nos países desenvolvidos, com o investimento em tecnologia, é possível esperar um sinal negativo do PIB quando relacionado com a IE, uma vez que, aumentos do PIB se podem traduzir em diminuições da IE. Sendo a Indústria um setor intensivo em energia, espera-se que um aumento do peso do VAB da Indústria sobre o PIB leve a aumentos também da IE. Em relação ao Preço da Energia, que quando sobe faz diminuir significativamente o consumo de energia, levando a diminuir também a IE, espera-se que aumentos do Preço façam diminuir a IE (numa elasticidade inelástica, uma vez que aumentos do Preço provocarão diminuições na IE mas numa proporção menor). Por fim, um aumento da tecnologia – Fator Total de Produtividade, espera-se que leve a diminuições da IE.

A equação que descreve o comportamento da IE, conforme as estimativas, é dada pela equação (5).

$$\begin{aligned} LNIE = C + \beta_1 LNIE(-1) + \beta_2 LNIE(-2) + \beta_3 LNPIB(-1) + \beta_4 LNPIB(-2) + \beta_5 IND(-1) \\ + \beta_6 IND(-2) + \beta_7 LNTFP(-1) + \beta_8 LNTFP(-2) + \beta_9 LNPE(-1) + \beta_{10} LNPE(-2) \end{aligned} \quad (5)$$

Os dados utilizados para a análise foram retirados das seguintes fontes: dados da IE, PIB e VAB da página do PORDATA, e dados do Preço da Energia e do Fator Total de Produtividade da base de dados da OCDE. O período considerado na análise é de 1995 a 2015, uma vez que é o período mais recente para o qual existem dados comuns a todas as variáveis em termos anuais.



## 4. Resultados Empíricos

No presente capítulo, procurar-se-á fazer uma descrição e análise aos resultados obtidos pela análise de decomposição nos efeitos intensidade e estrutural, assim como pela estimação das variáveis e respetivas estatísticas descritivas. Gráficos e tabelas apresentados na análise de decomposição são de elaboração própria recorrendo à base de dados do Pordata, e todos os outputs, gráficos e tabelas, que se apresentam na análise econométrica foram obtidos recorrendo ao programa Eviews.

### 4.1. Resultados da Análise de Decomposição

A figura 10 ilustra os resultados da decomposição da IE em Portugal no período 1995 a 2015. Para uma mais fácil interpretação colocaram-se os efeitos em número índice, tomando como base o ano inicial da amostra. Um índice superior a 1 significa um aumento do efeito.

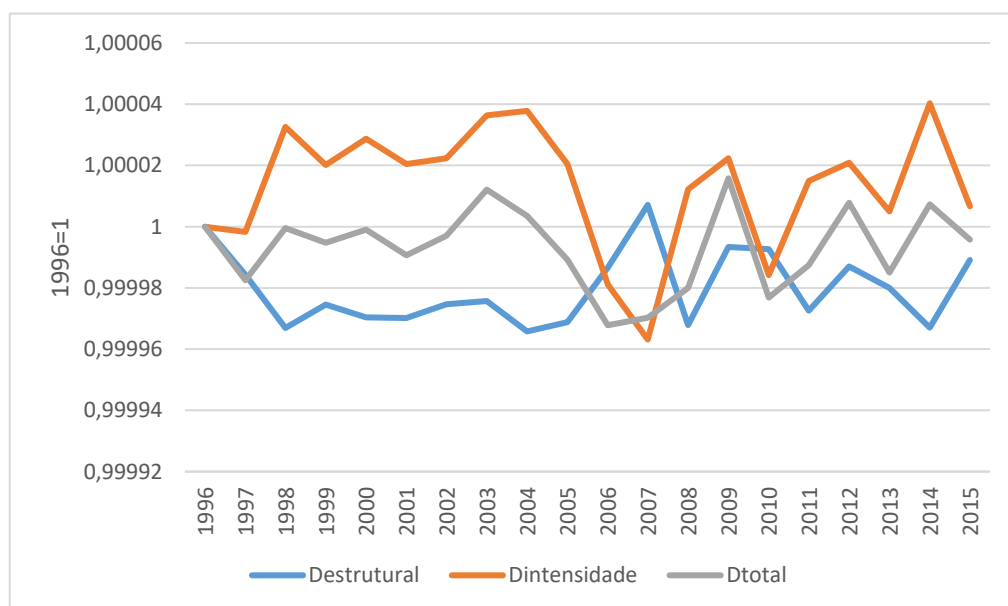


Figura 10: Decomposição da Intensidade Energética em Portugal

Fonte: Elaboração própria com base de dados do PORDATA

Como é possível observar pelos resultados da decomposição pelo método LMDI, o crescimento da IE total está fortemente ligado ao efeito intensidade, sendo que o efeito estrutural tem um impacto menos importante, como também negativo, como seria de esperar.

Até 2004, o efeito intensidade cresceu, exercendo um impacto no aumento da IE em Portugal, que como vimos anteriormente, até 2005 divergiu da tendência decrescente do resto da UE. O papel estrutural nesta altura exercia uma influência negativa mas suave. Em 2005, com a entrada em vigor do protocolo de Quioto, com o impacto sentido do CELE e com a intensificação das políticas energéticas e ambientais em Portugal e na Europa, efetivamente a IE inicia uma tendência decrescente, evidente até 2007.

Graficamente, é possível visualizar na figura 10 uma mudança no comportamento dos efeitos, havendo aparentemente uma maior sincronização de ambos com o efeito total a partir de 2005. Sendo 2005 um ano de evidente mudança da tendência nestes efeitos é observável nas tabelas 1 (de 1996 a 2005) e 2 (de 2005 a 2015) a correlação entre os vários efeitos. De 1996 a 2005, o coeficiente de correlação entre o efeito total e o efeito intensidade é de 0,66058 e entre o efeito total e o efeito estrutural é de -0,07703. Já no período 2005 a 2015, o coeficiente de correlação entre o efeito total e o efeito intensidade sobe para 0,82222 e o coeficiente de correlação entre o efeito total e o efeito estrutural desce para -0,18825, o que evidencia a crescente evolução da estrutura económica no sentido de realçar a importância de setores menos intensivos em energia, e também a mudança ao nível de políticas energéticas e ambientais adotadas a partir de 2005, como visto anteriormente.

Tabela 1: Correlação entre os efeitos estrutural, intensidade e total, 1996-2005.

	Efeito Estrutural	Efeito Intensidade	Efeito Total
Efeito Estrutural	1		
Efeito Intensidade	-0,79941	1	
Efeito Total	-0,07703	0,66058	1

Fonte: Elaboração própria com base de dados do Pordata

Tabela 2: Correlação entre os efeitos estrutural, intensidade e total, 2005-2015.

	Efeito Estrutural	Efeito Intensidade	Efeito Total
Efeito Estrutural	1		
Efeito Intensidade	-0,71378	1	
Efeito Total	-0,18825	0,82222	1

Fonte: Elaboração própria com base de dados do Pordata

Como se pode observar pela tabela 3, na análise de 1996 a 2015, o coeficiente de correlação entre o efeito total e o efeito intensidade é de 0,81383 e entre o efeito total e o efeito estrutural é de -0,25504. O que pode indicar que a estrutura da economia está a evoluir no sentido de se dar mais relevância a setores menos intensivos em energia, como concluído pela análise da tabela 1 e 2.

Tabela 3: Correlação entre os efeitos estrutural, intensidade e total, 1996-2015.

	Efeito Estrutural	Efeito Intensidade	Efeito Total
Efeito Estrutural	1		
Efeito Intensidade	-0,76944	1	
Efeito Total	-0,25504	0,81383	1

Fonte: Elaboração própria com base de dados do Pordata

Estes resultados mostram, que no período considerado, o impacto da alteração da estrutura da economia no consumo de energia é negativo, evidenciando a terciarização, mas é ainda muito suave. O efeito intensidade mostra-se como o mais evidente nesta relação, mostrando que é ao nível da IE de cada setor que é preciso atuar, para diminuir a IE total de Portugal.

## 4.2. Resultados do Estudo Econométrico

Uma vez que as variáveis não se encontram todas com a mesma unidade de medida, é necessário logaritimizá-las (tabela 4), permitindo *à priori* garantir também que todas as variáveis no modelo são estacionárias como foi possível verificar através dos testes de raiz unitária. Onde, LNIE diz respeito ao logaritmo da variável IE, LNPIB ao logaritmo da variável PIB, IND à variável VAB (que por si só já é um rácio não sendo necessária a sua logaritmação, sendo que a variável se revelou estacionária em rácio), LNTFP ao logaritmo da variável Fator Total de Produtividade e LNPE ao logaritmo da variável Preços da Energia.

Tabela 4: Estatística Descritiva das Variáveis em estudo

	LNIE	LNPIB	IND	LNTFP	LNPE
<b>Mean</b>	4.9033	9.6840	0.3684	4.6029	4.5234
<b>Median</b>	4.9283	9.7050	0.3582	4.6031	4.5041
<b>Maximum</b>	5.1747	9.7521	0.4174	4.6180	4.7512
<b>Minimum</b>	4.6275	9.5190	0.3347	4.5867	4.3341
<b>Std. Dev.</b>	0.1864	0.0628	0.0312	0.0091	0.1440
<b>Skewness</b>	-0.0138	-1.4192	0.3052	-0.1367	0.3202
<b>Kurtosis</b>	1.5763	4.1279	1.4404	2.1181	1.6620
<b>Jarque-Bera</b>	1.7741	8.1629	2.4544	0.7459	1.9254
<b>Probability</b>	0.4119	0.0169	0.2931	0.6887	0.3819
<b>Sum</b>	102.9688	203.3628	7.7372	96.6615	94.9906
<b>Sum Sq. Dev.</b>	0.6947	0.0789	0.0194	0.0017	0.4147
<b>Observations</b>	21	21	21	21	21

Fonte: Elaboração própria com base no Programa Eviews

Tendo em conta as estatísticas observadas na Tabela 4, é possível observar que todas as variáveis apresentam valores positivos, quer na média, mediana, mínimo e máximo. O IND é a variável que apresenta os valores mais baixos e o LNPIB os mais altos. Em termos de risco (medido pelo desvio padrão) é a IE a variável que apresenta valor superior e pelo número de observações disponíveis para cada variável justifica-se o uso dos modelos BVAR tal como referido anteriormente.

A correlação entre as variáveis é possível observar-se na tabela 5. A variável IE apresenta uma correlação positiva com a variável peso do VAB da indústria no PIB (na tabela denotado por IND), e uma correlação negativa com a variável Preço da Energia, como aliás seria de esperar. No entanto, a sua correlação com a variável PIB, que seria espectável que fosse positiva, aqui apresenta-se como negativa, assim como a correlação da IE com a variável Fator Total de Produtividade, que seria espectável que fosse negativa, apresenta-se como positiva.

Tabela 5: Covariância entre as Variáveis em estudo

Correlação Probabilidade	LNIE	LNPIB	IND	LNTFP	LNPE
<b>LNIE</b>	1 -----				
<b>LNPIB</b>	-0.6699 0.0009***	1 -----			
<b>IND</b>	0.9661 0.0000***	-0.7142 0.0003***	1 -----		
<b>LNTFP</b>	0.3027 0.1822	0.2685 0.2393	0.3387 0.1332	1 -----	
<b>LNPE</b>	-0.8970 0.0000***	0.3404 0.1311	-0.8441 0.0000***	-0.3968 0.0749*	1 -----

Fonte: Elaboração própria com base no Programa Eviews. Valores de p-value abaixo dos valores de correlação. \*, \*\*, \*\*\* significativo a 10%, 5% e 1% respetivamente.

É possível ainda observar que a correlação entre as variáveis se demonstra maioritariamente significativa, com exceção da correlação LNPE e LNPIB e da correlação LNTFP com as restantes variáveis. A elevada correlação entre as variáveis IND e LNIE, LNPE e LNIE e entre LNPE e IND poderiam ser problemáticas para as estimações, mas dado que os modelos VAR consideram todas as variáveis como dependentes e independentes, o facto de existirem variáveis com elevada correlação entre si, podendo indicar problemas de multicolineariedade entre variáveis independentes, acaba por ser atenuado pois elas são simultaneamente consideradas como explicadas e explicativas.

Para a análise e estudo das variáveis através do modelo BVAR, é necessária uma análise prévia do número ótimo de Lag (desfasamentos) a utilizar. Este critério denominado “VAR Lag Order Selection Criteria” é apresentado na tabela 6, onde é possível observar que o número de desfasamentos ótimo a utilizar na estimação do modelo são 2.

Tabela 6: Determinação do número ótimo de desfasamentos a incluir no modelo

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
<b>0</b>	230.9879	NA	0.0000	-23.7882	-23.5397	-23.7461
<b>1</b>	334.8158	142.0804	0.0000	-32.0859	-30.5947	-31.8335
<b>2</b>	384.3226	41.6900*	0.0000*	-34.6656*	-31.9316*	-34.2029*

Fonte: Elaboração própria com base no Programa Eviews. \* indica o número de desfasamentos ótimo. LR: sequência modificada LR com teste estatístico (a 5%). FPE: Erro final de previsão. AIC: Critério Informativo Akaike. SC: Critério Schwarz. HQ: Critério Hannan-Quinn.

Tabela 7: Estimação pelo modelo BVAR

	<b>LNIE</b>	<b>LNPIB</b>	<b>IND</b>	<b>LNTFP</b>	<b>LNPE</b>
<b>LNIE (-1)</b>	0.5576 [9.0545]***	-0.0188 [-0.0278]	0.0636 [3.6128]***	0.0303 [0.8812]	-0.3578 [-1.7474]*
<b>LNIE (-2)</b>	0.1345 [2.9782]***	0.0186 [0.3777]	0.0121 [0.9407]	0.0079 [0.3130]	-0.1007 [-0.6733]
<b>LNPIB (-1)</b>	-0.0674 [-0.9815]	0.3133 [4.1139]***	-0.0620 [-3.1401]***	0.0034 [0.0888]	-0.2844 [-1.2381]
<b>LNPIB (-2)</b>	-0.0210 [-0.5045]	0.0638 [1.3765]	-0.0195 [-1.6312]	-0.0045 [-0.1910]	-0.0862 [-0.6182]
<b>IND (-1)</b>	0.9497 [3.5396]***	-0.4687 [-1.5867]	0.3546 [4.5745]***	-0.0285 [-0.1891]	-1.1921 [-1.3303]
<b>IND (-2)</b>	0.2731 [1.6802]	0.0216 [0.1206]	0.0555 [1.1771]	-0.0058 [-0.0634]	-0.5862 [-1.0790]
<b>LNTFP (-1)</b>	-0.0153 [-0.0920]	0.1180 [0.6455]	0.0204 [0.4275]	0.0204 [0.2631]	0.0411 [0.0741]
<b>LNTFP (-2)</b>	-0.0065 [-0.0757]	0.0376 [0.3953]	0.0001 [0.0048]	-0.0029 [-0.0597]	-0.1273 [-0.4408]
<b>LNPE (-1)</b>	-0.0527 [-1.9634]*	-0.0340 [-1.1501]	0.0029 [0.3730]	0.0020 [0.1349]	0.1178 [1.3013]
<b>LNPE (-2)</b>	-0.0110 [-0.7616]	-0.00763 [-0.4806]	0.0015 [0.3685]	0.0003 [0.0358]	0.0159 [0.3262]
<b>C</b>	2.2709 [2.1021]**	5.6824 [4.7686]***	0.5169 [1.6658]	4.3282 [7.0978]***	10.8229 [2.9941]***
<b>R-squared</b>	0.9959	0.7839	0.9788	0.4591	0.9312
<b>Adj. R-squared</b>	0.9908	0.5138	0.9523	-0.2169	0.8452
<b>Sum sq. resids</b>	0.0022	0.0062	0.0003	0.0007	0.0275
<b>S.E. equation</b>	0.0165	0.0279	0.0065	0.0095	0.0587
<b>F-statistic</b>	194.5742	2.9019	36.9147	0.6791	10.8316
<b>Mean dependent</b>	4.8748	9.6997	0.3642	4.6041	4.5317
<b>S.D. dependent</b>	0.1720	0.400	0.0296	0.0086	0.1491

Fonte: Elaboração própria com base no Programa Eviews. Valores de t-critico abaixo dos valores de estimação. \*, \*\*, \*\*\* significativo a 10%, 5% e 1% respetivamente. LNIE: Logaritmo da Intensidade Energética. LNPIB: Logaritmo do PIB. IND: índice do VAB setor indústria sobre o PIB. LNTFP: Logaritmo do Fator Total de Produtividade. LNPE: Logaritmo do Preço da Energia

Na tabela 7 é possível observar os resultados pela estimação do modelo BVAR. É apresentada a matriz dos coeficientes que estão separados conforme a equação estimada (dado que todas as variáveis são simultaneamente dependentes e independentes) e o número de defasamentos ótimo identificado na tabela 6.

A equação que descreve o comportamento da IE, conforme as estimativas, é:



$$LNIE = 2,27 + 0,56 LNIE(-1) + 0,13 LNIE(-2) - 0,07 LNPIB(-1) - 0,02 LNPIB(-2) + 0,95 IND(-1) + 0,27 IND(-2) - 0,02 LNTFP(-1) - 0,01 LNTFP(-2) - 0,05 LNPE(-1) - 0,01 LNPE(-2)$$

Avaliando a equação, o primeiro desfasamento em todas as variáveis é o que detém maior influência sobre o nível de IE. O LNPIB apresenta uma influência negativa no LNIE nos dois desfasamentos, assim como o LNTFP e o LNPE, sendo que apenas o IND apresenta uma influência positiva sobre o nível de Intensidade.

É possível ainda observar que a IE é afetada positivamente por si mesma, o que pode significar que se Portugal está numa trajetória decrescente de IE isso pode por si só influenciar que a IE continue a diminuir. Pode ser justificação para este facto, todo o contexto político e empresarial que se tem criado no sentido de haver mais preocupação por parte das empresas em reduzir a IE e serem mais eficientes energeticamente.

A IE é afetada negativamente pelo PIB, o que significa que Portugal está a crescer com menos IE, e o que vem confirmar a tendência decrescente da mesma, e da dissociação do crescimento económico do consumo de energia em Portugal. A IE é afetada positivamente pela indústria, o que pode significar que a nossa economia ainda tem uma forte componente industrial apesar da crescente terciarização. Relativamente ao Fator Total de Produtividade, o seu impacto na IE é negativo, o que seria de esperar, e que juntando aos resultados da decomposição é possível constatar que a tecnologia é relevante na diminuição da IE e que se for analisada por setor, as tecnologias, o investimento e a aposta em I&D será relevante para a diminuição da IE em Portugal. Por fim, o Preço da Energia tem um impacto negativo na IE o que pode evidenciar que os impostos sobre a energia poderão ser uma opção de política para diminuir a IE. Estes resultados devem ser tomados com precaução uma vez que algumas variáveis – LNPIB e LNTFP – não se demonstram significativas no modelo.

Assim sendo, foram elaboradas várias estimações (Anexos 1 a 6) para verificar se alterando a composição das variáveis explicativas estas se tornavam significativas ou se o seu sinal se alterava. No Anexo 1, a variável LNPIB torna-se significativa enquanto a variável LNTFP se mantém como não significativa e o seu sinal torna-se positivo; no Anexo 2, tudo se mantém constante comparativamente com o modelo da tabela 7; no Anexo 3, a variável LNTFP mantém-se não significativa mas o seu sinal torna-se positivo; no Anexo 4, a variável LNTFP mantém-se igual mas a

variável LNPE torna-se não significativa; no Anexo 5, tudo se mantém similar ao modelo da tabela 7; e por fim, no Anexo 6, as variáveis aqui apresentadas como não significativas (o LNPIB e o LNTFP) não constam do modelo estimado e a variável LNPE torna-se significativa.

Como foi referido anteriormente, e uma vez que este modelo apresenta um R-Squared elevado, de 0,9959, evidenciando aparentemente problemas de multicolineariedade, será sempre passível de especial atenção na sua análise. Nesse sentido, são estimados novos modelos BVAR onde são testadas diferentes especificações para suavizar o problema da multicolineariedade identificado. Primeiro, é estimado um novo modelo BVAR com as mesmas variáveis estimadas na Tabela 7, com a exceção da variável IND (Anexo 1), uma vez que esta apresentava uma elevada correlação visível na Tabela 5, e provavelmente daí se apresentar como significativa na Tabela 7. Sem esta variável, o LNPIB torna-se significativo, e o R-Squared diminui para 0,9945, mantendo-se o aparente problema de multicolineariedade. Segundo, e pelo mesmo motivo apresentado pela elaboração do modelo BVAR do anexo 1, é estimado o modelo BVAR com as mesmas variáveis estimadas na Tabela 7, com exceção do LNPE (Anexo 2). Sem esta variável, as únicas variáveis significativas são o LNIE e o IND, e as restantes que se apresentavam como não significativas, mantêm-se assim, sendo que o aparente problema de multicolineariedade mantém-se com o R-Squared de 0,9948. No Anexo 3, é estimado um modelo BVAR onde são retiradas estas duas variáveis em simultâneo, ou seja, um modelo BVAR apenas como variáveis o LNIE, LNPIB e LNTFP. A única variável que se apresenta como significativa é o LNIE, e o R-Squared é de 0,9932.

Na tabela 7, onde o modelo apresenta um aparente problema de multicolineariedade com o R-Squared de 0,9959, há duas variáveis que não se apresentam como significativas: o LNPIB e o LNTFP. Com o intuito de atenuar este problema de multicolineariedade são estimados também novos modelos BVAR sem estas duas variáveis. No Anexo 4, é estimado o modelo BVAR com as mesmas variáveis da Tabela 7, com exceção da variável LNPIB. As variáveis significativas são o LNIE e o IND, sendo que o LNPE torna-se não significativo, e o R-Squared é de 0,9957, apresentando também a possível multicolineariedade. No Anexo 5, é estimado o mesmo modelo da Tabela 7, mas sem a variável LNTFP. O R-Squared mantém-se o mesmo – 0,9959 – e as variáveis significativas são o LNIE, IND e LNPE, sendo que o LNPIB mantém-se não significativo. Por fim, no Anexo 6, é estimado o modelo BVAR sem estas duas variáveis, ou seja, o modelo BVAR com as variáveis LNIE, IND e LNPE. Aqui, apenas a variável LNPE é não significativa e o R-Squared é de 0,9957.

Da análise aos novos modelos estimados nos Anexos 1 a 6, é possível concluir que, em todos, o LNIE se mantém com o sinal positivo e se apresenta como significativa, assim como a IND (exceto nos anexos 1 e 3 onde esta variável não consta no modelo). O LNPIB é apenas significativo no modelo do Anexo 1, e apresenta-se neste e nos restantes modelos com sinal negativo. O LNPE tem sempre sinal negativo, sendo significativo em dois modelos (Anexo 1 e 5), e não significativo em outros dois modelos (Anexo 4 e 6). O LNTFP é sempre não significativo em todos os modelos. Por fim, é ainda de realçar que, quer no modelo do Anexo 2, quer no modelo do Anexo 5, todas as variáveis se mantêm-se com o mesmo sinal e com a mesma significância (ou não), do modelo da tabela 7, não se demonstrando por isso modelos relevantes. Os modelos dos Anexos 3 e 6, como só têm 3 variáveis e apresentam pelo menos uma como não significativa, também se podem considerar não relevantes. Assim, entre o modelo do Anexo 1 e o modelo do Anexo 4, é preferível o modelo do Anexo 1 uma vez que apenas uma variável é não significativa (LNTFP), enquanto no modelo do Anexo 4, são duas as variáveis não significativas (LNTFP e LNPE). Apesar de ainda haver multicolineariedade entre as variáveis explicativas, ao estimarem-se modelos retirando-se e adicionando-se variáveis verificamos que este problema acaba por ser atenuado. Concluindo, a escolha entre o modelo do Anexo 1 e o modelo da tabela 7, recai sobre o modelo da tabela 7, uma vez que tem mais variáveis na sua especificação e apresenta a variável IND como significativa, importante na análise da IE, nomeadamente a análise a nível setorial.

Por conseguinte, na tabela 8, é possível observar a decomposição da variância das variáveis, permitindo perceber quais são as variáveis que têm maior capacidade explicativa dos erros da variância da IE. Segundo Enders (1995), a decomposição da variância evidencia o percentual do erro da variância prevista atribuída aos choques de uma determinada variável *versus* os choques nas outras variáveis do sistema. Deste modo, se os choques observados numa variável não são capazes de explicar a variância do erro de previsão da variável dependente, esta é exógena, e se acontece o oposto então diz-se que a variável dependente é endógena. Relativamente ao objetivo deste estudo, a decomposição da variância dos erros de previsão mostra a evolução do comportamento dinâmico apresentado pelas variáveis incluídas na análise, ao longo do tempo, isto é, permite separar a variância dos erros de previsão para cada variável em componentes que podem ser atribuídos por ela própria e pelas demais variáveis endógenas, isoladamente, apresentado, em termos percentuais, qual o efeito que um choque não antecipado sobre determinada variáveis tem sobre ela própria e as demais variáveis pertencentes ao sistema (Margarido et al. (2002)).

No que respeita à decomposição da variância da IE, as variáveis que têm maior poder explicativo é a própria variável, seguindo-se do peso do VAB da indústria no PIB e do PIB, sendo que o Fator Total de Produtividade e o Preço da Energia têm um poder explicativo fraco, ou quase nulo. Na decomposição da variância do PIB, é a própria variável que tem a maior capacidade explicativa, seguindo-se da IE. O Fator Total de Produtividade tem um papel praticamente neutro. Na decomposição da variância do peso do VAB da indústria no PIB é o PIB que apresenta uma maior capacidade explicativa, seguindo-se da IE e depois da própria variável. A capacidade explicativa do Fator Total de Produtividade é maioritariamente explicada pelo PIB, sendo que a própria variável tem um poder explicativo bastante reduzido.

Por último, na decomposição da variância do Preço da Energia, é possível observar que a variável com maior capacidade explicativa dos erros de variância é a IE seguindo-se da própria variável. De um modo geral, verifica-se que a variável com maior capacidade explicativa sobre a IE atendendo à amostra utilizada nesta análise é o PIB e o peso do VAB da indústria no PIB, quase na mesma proporção, o que era também expectável considerando os valores de correlação extremamente elevados já reportados aquando da apresentação da tabela de correlações entre as variáveis. Deste modo, avanços ao nível do produto acabam por conduzir a um aumento da IE sendo que estes resultados acabam por ir de encontro aos resultados de outros autores que referem que o consumo de energia aumenta com a evolução do produto (veja-se a título de exemplo Wang, Li e Frang (2018), ou a revisão da literatura providenciada por Ozturk (2010)).

Tabela 8: Variância das Variáveis em estudo

Decomposição da Variância de LNIE:						
Período	S.E.	LNIE	LNPIB	IND	LNTFP	LNPE
1	0.0117	100	0	0	0	0
2	0.0146	87.8553	2.2186	8.2606	0.8669	0.7985
3	0.0174	76.3246	6.4644	15.3294	0.9700	0.9116
4	0.0199	67.7040	11.1187	19.4656	0.8751	0.8366
5	0.0221	61.5112	15.2674	21.7000	0.7782	0.7433
6	0.0240	57.0871	18.6115	22.9336	0.7025	0.6653
7	0.0257	53.8754	21.2121	23.6619	0.6457	0.6050
8	0.0271	51.4951	23.2198	24.1232	0.6029	0.5589
9	0.0284	49.6931	24.7786	24.4346	0.5702	0.5235
10	0.0294	48.3012	26.0017	24.6564	0.5449	0.4959
Decomposição da Variância de LNPIB:						
Período	S.E.	LNIE	LNPIB	IND	LNTFP	LNPE
1	0.0197	5.0037	94.9963	0	0	0
2	0.0213	4.5156	94.7672	0.5458	0.0151	0.1563
3	0.0219	4.3556	94.7196	0.6878	0.0249	0.2121
4	0.0221	4.3150	94.6686	0.7584	0.0288	0.2291
5	0.0222	4.3078	94.6361	0.7919	0.0298	0.2343
6	0.0222	4.3106	94.6123	0.8114	0.0301	0.2356
7	0.0222	4.3158	94.5943	0.8239	0.0301	0.2359
8	0.0222	4.3212	94.5800	0.8328	0.0300	0.2359
9	0.0222	4.3262	94.5684	0.8396	0.0300	0.2358
10	0.0222	4.3305	94.5587	0.8449	0.0300	0.2357
Decomposição da Variância de IND:						
Período	S.E.	LNIE	LNPIB	IND	LNTFP	LNPE
1	0.0046	1.9210	13.0813	84.9977	0	0
2	0.0052	3.3085	21.5882	74.9788	0.1056	0.0189
3	0.0057	5.4388	27.5655	66.8809	0.0935	0.0213
4	0.0060	7.2215	30.5060	62.1664	0.0870	0.0190
5	0.0062	8.5931	32.1281	59.1721	0.0877	0.0191
6	0.0064	9.6630	33.0943	57.1314	0.0905	0.0207
7	0.0066	10.5194	33.7262	55.6376	0.0937	0.0230
8	0.0067	11.2177	34.1708	54.4892	0.0969	0.0255
9	0.0068	11.7946	34.5022	53.5757	0.0997	0.0279
10	0.0069	12.2760	34.7601	52.8317	0.1022	0.0300
Decomposição da Variância de LNTFP:						
Período	S.E.	LNIE	LNPIB	IND	LNTFP	LNPE
1	0.0067	10.8861	27.7194	10.4870	50.9075	0
2	0.0068	11.0093	27.7009	10.4676	50.8165	0.0056
3	0.0068	11.1915	27.6529	10.4457	50.7024	0.0075
4	0.0068	11.2827	27.6225	10.4725	50.6117	0.0108
5	0.0068	11.3466	27.6105	10.5152	50.5152	0.0125
6	0.0068	11.3982	27.6143	10.5582	50.4159	0.0134
7	0.0068	11.4424	27.6283	10.5970	50.3184	0.0139
8	0.0068	11.4806	27.6475	10.6313	50.2263	0.0143
9	0.0068	11.5140	27.6683	10.6614	50.1417	0.0145
10	0.0068	11.5432	27.6890	10.6880	50.0651	0.0147
Decomposição da Variância de LNPE:						
Período	S.E.	LNIE	LNPIB	IND	LNTFP	LNPE
1	0.0415	17.1151	11.6858	1.0614	34.5625	35.5752
2	0.0426	17.2648	12.4924	2.6422	33.3452	34.2555
3	0.0433	17.5715	12.1795	4.7033	32.2897	33.2560
4	0.0439	18.3091	12.1215	5.8644	31.3725	32.3324
5	0.0446	18.9615	12.5111	6.7960	30.3968	31.3316
6	0.0453	19.4795	13.1295	7.5720	29.4567	30.3623
7	0.0460	19.8792	13.8189	8.2246	28.5999	29.4775
8	0.0466	20.1942	14.4936	8.7734	27.8431	28.6956
9	0.0472	20.4479	15.1153	9.1258	27.1853	28.0157
10	0.0477	20.6560	15.6704	9.6269	26.6176	27.4290
Cholesky Ordem: LNIE LNPIB IND LNTFP LNPE						

Fonte: Elaboração própria com base no Programa Eviews

No contexto de VAR (vetores auto-regressivos), embora o efeito de causalidade seja o mais popular, é também interessante averiguar como é que uma determinada variável responde a um impulso de outra variável, *ceteris paribus*, ou seja, um exercício de estática comparativa, e que se denomina por análise de resposta ao impulso. Através desta análise é possível observar o efeito de curto e de longo prazo de um determinado choque em cada variável. Na figura 11, são apresentadas as funções generalizadas de resposta ao impulso (respostas acumuladas a uma inovação) das variáveis do modelo em estudo.

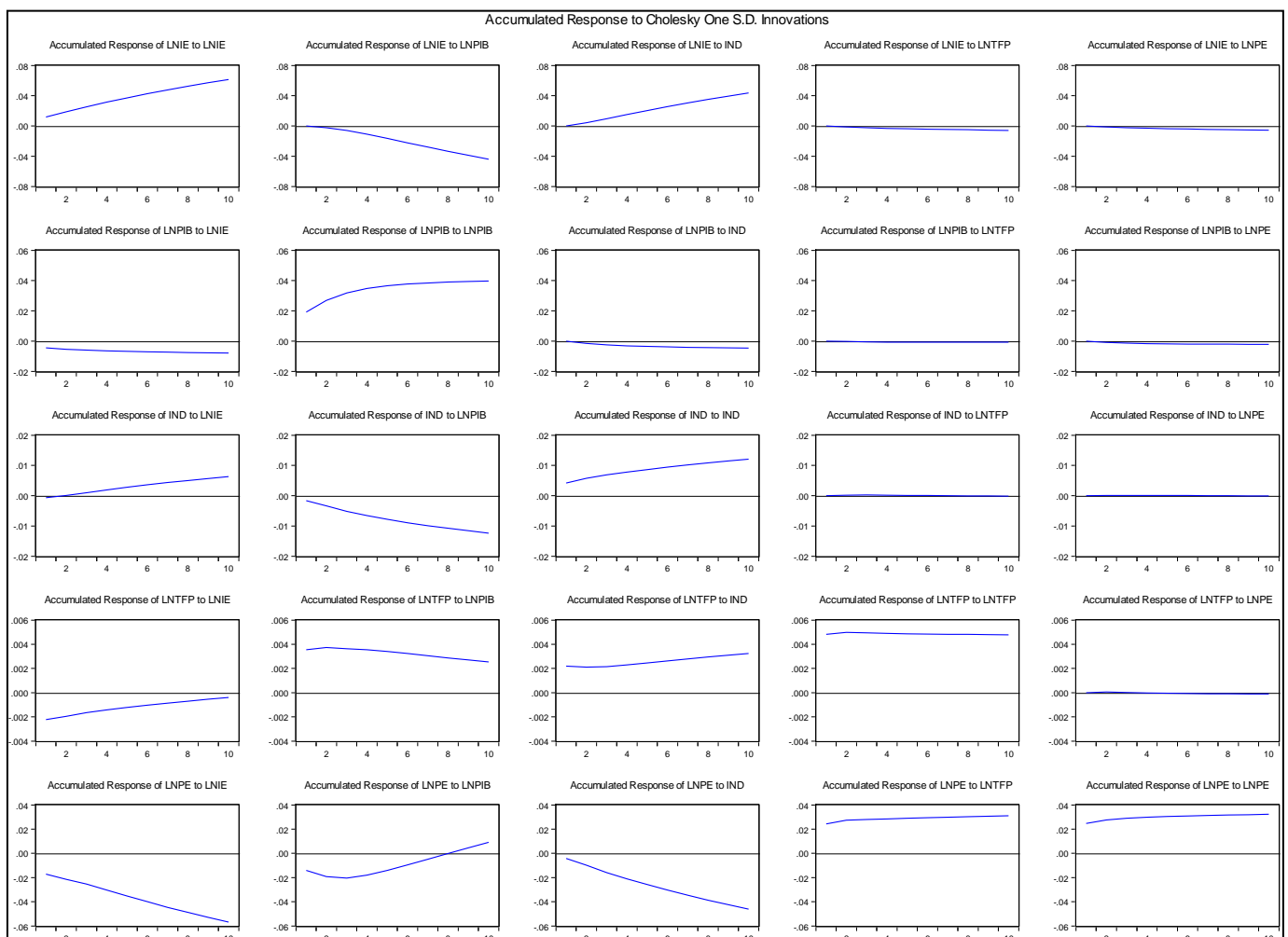


Figura 11: Funções generalizadas de resposta ao impulso

Fonte: Elaboração própria com base no Programa Eviews

Das funções generalizadas de resposta ao impulso observáveis na figura acima, é possível evidenciar quatro análises:

1. Com um crescimento do IND – Rácio do VAB da indústria sobre o PIB, *ceteris paribus*, a IE também sofre um crescimento, efeito que perdura no longo prazo. Pelo contrário, quanto maior o PIB, menor o nível de IE, *ceteris paribus*. O que indica que a IE está fortemente ligada a aumentos no setor da indústria, sendo este um setor altamente intensivo em energia, como seria de esperar. Quanto mais produção e crescimento se verificam no setor da indústria, maior a IE. Quando comparado a nível geral de produtividade, PIB, este indicador já apresenta decréscimo, ou seja, quanto maior o PIB, menor a IE, sendo o efeito também visível no longo prazo. Isto vem de encontro aos resultados já observados nas várias análises anteriores, que mostram que em Portugal se está a verificar uma dissociação do crescimento económico em relação ao consumo de energia. Ora, pelas políticas e metas que Portugal se propôs a adotar e cumprir, pode-se dizer que está no bom caminho de reduzir a IE portuguesa. No entanto, ainda tem um longo percurso no que toca a reduzir a IE no setor da indústria, devendo ser este o foco de políticas energéticas futuras. Por outro lado, a IE reage negativamente a choques positivos no Fator Total de Produtividade (em concordância com o estudo de Voigt et al. (2014), e no Preço da Energia (em concordância com o estudo de Loschel et al. (2015)). Apesar dos efeitos negativos serem leves, o facto de serem permanentes pode ajudar a justificar a importância de políticas energéticas que fomentem a tecnologia e de políticas fiscais na melhoria da IE. Aliás, o efeito negativo e suave da tecnologia já tinha sido observado na análise de decomposição deste trabalho.
2. No que diz respeito ao PIB, este sofre um decréscimo face a aumentos da IE e do peso do VAB da indústria no PIB. Também aqui os indicadores Fator Total de Produtividade e Preço da Energia não se traduzem num impacto significativo.
3. Os impulsos observáveis do peso do VAB da indústria no PIB vão ao encontro das mesmas tendências de crescimento da IE observáveis no ponto 1 desta mesma análise. Face a um impulso da IE, o peso do VAB da indústria no PIB aumenta, e face a um impulso do PIB, diminui. Este decréscimo é substancialmente maior do que o crescimento sentido face ao impulso da IE. O que pode significar que ao longo dos períodos o setor da indústria perde

peso no PIB. Mais uma vez os indicadores Fator Total de Produtividade e Preço da Energia não se traduzem num impacto significativo.

4. Um impulso do Preço da Energia leva a que, apesar de ser negativo no início, o PIB vá aumentar ao longo dos períodos chegando mesmo a atingir valores positivos a longo prazo. Pelo contrário, quando o Preço da Energia diminui, diminui também o peso do VAB da indústria no PIB. Apesar de quase estável, o Fator Total de Produtividade tem um impacto positivo no Preço da Energia.



## 5. Conclusões

Esta dissertação tem como principal objetivo identificar os determinantes que mais contribuem para a IE em Portugal. Para tal, é utilizada, em primeira ordem, a técnica de Decomposição Simples, separando o efeito estrutural e o efeito intensidade da IE em Portugal, no período de 1995-2015. Posteriormente, é estimado o modelo econométrico BVAR para perceber quais as variáveis – PIB *per capita*, rácio do Valor Acrescentado Bruto da Indústria sobre o PIB, Fator Total de Produtividade, Preço da Energia - afetam a IE em Portugal e em que magnitude.

Através da aplicação da técnica de Decomposição Simples mostra-se que é o efeito intensidade que tem uma maior contribuição para a variação da IE. O crescimento da IE está fortemente ligado ao efeito intensidade, o que significa que Portugal tem que se preocupar em diminuir a IE em setores chave, apesar de estar já no bom caminho de diminuição de uma forma geral. O efeito estrutural tem um impacto negativo, o que pode indicar que a estrutura da economia está a evoluir no sentido de se dar mais relevância a setores menos intensivos em energia.

As decisões políticas tomadas ao nível setorial afetam diretamente as atividades nesse setor e, potencialmente, outros setores indiretamente. A definição, planeamento e programação de políticas setoriais são passos chave na implementação de investimentos e atividades para os vários setores, com destaque para a energia (OCDE, 2011). Nesse sentido, medidas e políticas presentes no PNAC 2020/2030, como a integração da política climática nas políticas setoriais com o objetivo de reduzir as emissões de GEE e levando a uma Eficiência Energética, a promoção da utilização do transporte público, a promoção da mobilidade elétrica, incluindo programa dirigido à Administração Pública e a promoção da produção e autoconsumo de energia renovável são essenciais e direcionadas para a redução da IE ao nível setorial. As medidas para o setor da indústria serão possivelmente as que detêm maior poder na diminuição da IE, uma vez que é neste setor que a IE se faz mais sentir, apesar da crescente terciarização.

Com a análise do modelo econométrico BVAR é possível retirar conclusões relacionadas com as variáveis escolhidas e assim perceber quais é que influenciam mais (positiva ou negativamente) a IE em Portugal, para futuramente, melhor direcionar as políticas energéticas.

Desde logo, com a análise de correlação entre as variáveis, é possível observar que a IE apresenta uma correlação positiva com o peso do VAB da Indústria no PIB com o Fator Total de Produtividade,

e apresenta uma correlação negativa com o Preço da Energia e com o PIB. A variável Fator Total de Produtividade apresenta-se como não significativa nesta análise. Aqui, percebe-se que quanto maior o peso do VAB da Indústria no PIB, maior será o nível de IE, o que seria de esperar. Também um aumento do Preço da Energia faz diminuir o nível de IE. Mais uma vez, é possível concluir que todas as variáveis detêm uma influência negativa sobre a IE com a exceção do peso do VAB da Indústria no PIB.

Com dados do *website* Pordata de 2018, é possível constatar que o peso do VAB da Indústria no PIB tem diminuído ao longo dos anos em favor do setor dos Serviços. Assim, no que toca às políticas energéticas a adotar, será pertinente direcioná-las para o setor da Indústria e setor dos Serviços e para a aplicação de impostos sobre o Preço da Energia, uma vez que um aumento do Preço da Energia faz diminuir a IE. A tecnologia é também relevante na diminuição da IE e se for analisada por setor, as tecnologias, o investimento e a aposta em I&D será relevante para a diminuição da IE em Portugal.

Todavia, este trabalho teve algumas limitações, algumas das quais podem constituir avenidas de pesquisa futura interessantes. Desde logo, o facto de haver uma limitação em termos de dados disponíveis para se poder efetuar uma análise individual por setores, limitando ainda o tipo de modelos usados para efetuar a análise presente. Esta mesma limitação fez-se sentir ao nível do número de anos de dados disponíveis na amostra, o que com dados mais detalhados seria possível uma análise setorial individual mais profunda.

De forma a permitir uma análise mais abrangente e detalhada, o trabalho futuro deveria passar pela mesma análise ao nível de municípios – NUTs III, para uma adequação mais concisa e direcionada de políticas energéticas regionais. Alternativamente, realizar regressões setoriais poderia ajudar a verificar quais as variáveis explicativas da IE mais relevantes em cada setor.

## Referências

- Acaravci, A., Oxturk, I. (2010). "On the relationship between energy consumption, CO2 emissions and economic growth in Europe". *Energy*. 35. 5412-5420.
- Agência Portuguesa do Ambiente - APA (2018). "Relatório do Estado do Ambiente". Disponível em <https://sniambgeoviewer.apambiente.pt/GeoDocs/geoportaldocs/rea/REA2018/REA2018.pdf>
- Akaike, H. (1974). "A new look at the statistical model identification." *IEEE Transactions on Automatic Control*. Boston. 19 (6). 716-723.
- Alshehry, A., Belloumi, M. (2015). "Energy consumption, carbon dioxide emissions and economic growth: the case of Saudi Arabia". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 41. 237-247.
- Ang, B.W. (2004)a. "Decomposition analysis applied to energy". *Encyclopedia of Energy*. 761-769.
- Ang, B.W. (2004)b. "Decomposition analysis for policymaking in energy: which is the preferred method?". *Energy Policy*. 32 (9). 1131-1139.
- Ang, B.W. (2005). "The LMDI approach to decomposition analysis: a practical guide". *Energy Policy*. 33 (7). 867-871.
- Ang, B.W. (2006). "Monitoring changes in economy-wide energy efficiency: from energy-GDP ratio to composite efficiency index". *Energy Policy*. 34 (1). 574-582.
- Ang, B.W., Liu, N. (2007). "Energy decomposition analysis: IEA model versus other methods". *Energy Policy*. 35 (3). 1426-1432.
- Ang, B.W., Mu, A.R., Zhou, P. (2010). "Accounting frameworks for tracking energy efficiency trends." *Energy Economics*. 32 (5). 1209-1219.
- Ang, J. (2008). "Economic development, pollutant emissions and energy consumption in Malaysia". *Journal of Policy Modeling*. 30. 271-278.
- Apergis, N., Payne, J. (2014). "The causal dynamics between renewable energy, real GDP, emissions and oil prices: evidence from OECD countries". *Applied Economics*. 46 (36).4519-4525.
- Arouri, M.,Youssef, A., M'henni, H., Rault, C. (2012). "Energy consumption, economic growth and CO<sub>2</sub> emissions in Middle East and North African countries". *Energy Policy*. 45. 342-349
- Baek, J., Kim, H. (2013). "Is economic growth good or bad for the environment? Empirical evidence from Korea". *Energy Economics*. 36. 744-749.
- Banco Central do Brasil (2004). "Relatório de Inflação". Disponível em <https://www.bcb.gov.br/https/reinf/port/2004/06/ri200406P.pdf>

Banco Central Europeu (2006). "Bayesian inference in cointegrated VAR models." Disponível em <https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/scpwps/ecbwp692.pdf?e16ca08f0c40b92892c8d41f24e97b56>

Banco de Portugal (2002). "Boletim económico". Disponível em [https://www.bportugal.pt/sites/default/files/anexos/papers/ab200203\\_p.pdf](https://www.bportugal.pt/sites/default/files/anexos/papers/ab200203_p.pdf)

Bhattacharyya, S.C. (2011). "Energy Economics. Concepts, Issues, Markets and Governance". *Springer-Verlag London*. 1-5.

Bozkurt, C., Akan, Y. (2014). "Economic growth, CO<sub>2</sub> emissions and energy consumption: the Turkish case". *International Journal of Energy Economics and Policy*. 4 (3). 484-494.

Chang, C., Carballo, C. (2011). "Energy conservation and sustainable economic growth: The case of Latin America and the Caribbean". *Energy Policy*. 39. 4215-4221.

Chima, C. (2007), "Intensity of energy use in the USA: 1949-2003", *Journal of Business and Economics Research*. 5 (11). 17-30.

Cowan, W., Chang, T., Inglesi-Lotz, R., Gupta, R. (2014). "The nexus of electricity consumption, economic growth and CO<sub>2</sub> emissions in the BRICS countries". *Energy Policy*. 66. 359-368  
developing countries?". *Energy Economics*. 37. 52-59.

Di Bartolo, T. (2008). "Relação entre o Índice de Intensidade Energética e a Evolução das Emissões de CO<sub>2</sub> no Brasil (1980-2005)". Monografia de Bacharelado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Direção Geral de Energia e Geologia. (2016). "Caraterização Energética Nacional". Disponível em <http://www.dgeg.gov.pt/>

Dogan, E., Turkekul, B. (2015). "CO<sub>2</sub> emissions, real output, energy consumption, trade, urbanization and financial development: testing the EKC hypothesis for the USA". *Environmental Science and Pollution Research*. 1-11.

Enders, W. (1995). "Applied econometric time series". *New York: John Wiley and Sons*.

Energy Information Administration - EIA (2016). "Annual energy Outlook". Disponível em [http://www.eia.gov/outlooks/aeo/pdf/0383\(2016\).pdf](http://www.eia.gov/outlooks/aeo/pdf/0383(2016).pdf)

Etty, T., Somsen, H. (2008). "The Yearbook of European Environmental Law". *Oxford University Press*. 8. 26-27.

European Environment Agency – EEA (2018). "Energy Intensity". Disponível em <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/total-primary-energy-intensity-3/assessment-1>

Evans, J., Filippini, M., Hunt, L.C. (2013). "The contribution of Energy Efficiency Towards Meeting CO<sub>2</sub> Targets". *Handbook on energy and climate change*. 175-223.

Filipovic, S., Verbic, M., Radovanovic, M. (2015). "Determinants of energy intensity in the European Union: a panel data analysis". *Energy*. 92 (3). 547-555.

Hamit-Hagggar, M. (2012). "Greenhouse gas emissions, energy consumption and economic growth: a panel cointegration analysis from. Canadian industrial sector perspective". *Energy Economics*. 34. 358-364

Hang, G., Yuan-Sheng, J. (2011). "The relationship between CO<sub>2</sub> emissions, economic scale, technology, income and population in China". *Procedia Environmental Sciences*. 11. 1183-1188.

Hatzigeorgiou, E., Polatidis, H., Haralambopoulos, D., (2011). "CO<sub>2</sub> emissions, GDP and energy intensity: A multivariate cointegration causality analysis for Greece, 1977-2007". *Applied Energy*. 88 (4), 1377-1385.

Hoekstra, R., Van den Bergh, J. (2003). "Comparing structural decomposition analysis and index". *Energy Economics*. 25 (1) 39-64.

International Energy Agency - EIA (2016). "International Energy Outlook". Disponível em [https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484\(2016\).pdf](https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484(2016).pdf)

International Energy Agency – EIA (2017). "Energy Efficiency". Disponível em [https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Energy\\_Efficiency\\_2017.pdf](https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Energy_Efficiency_2017.pdf)

Jimenez, R., Mercado, J. (2014). "Energy intensity: A decomposition and counterfactual exercise for Latin American countries". *Energy Economics*. 42 (1). 161-171.

Kasman, A., Duman, Y. (2015). "CO<sub>2</sub> emissions, economic growth, energy consumption, trade and urbanization in new EU member and candidate countries: a panel data analysis". *Economic Modeling*. 44. 97-103

Kiviyiro, P., Arminen, H. (2014). "Carbon dioxide emissions, energy consumption, economic growth, and foreign direct investment: Causality analysis for Sub-Saharan Africa". *Energy*. 74. 595-606

Lee S.Y, Song X.Y. (2004). "Evaluation of the Bayesian and maximum likelihood approaches in analyzing structural equation models with small sample sizes." *Multivariate Behavioral Research*. 39 (4), 653–686.

Li, Y., Sun, T., Feng, T., Zhu, C. (2013). "How to reduce energy intensity in China: A regional  
Löschel, A., Pothén, F., Schymura, M. (2015). "Peeling the onion: Analyzing aggregate, national and sectoral energy intensity in the European Union". *Energy Economics*. 52 (1). 563-575.

Lyu, W., Li, Y., Guan, D., Zhao, H., Zhang, Q., Liu, Z. (2016). "Driving forces of Chinese primary air pollution emissions: an index decomposition analysis". *Journal of Cleaner Production*. 133. 136-144.

Ma, C., D.I. Stern. (2008). "China's changing energy intensity trend: A decomposition analysis". *Energy economics*. 30 (1). 1037-1053.

- Margarido, M., Bueno, C., Martins, V., Carnevalli, L. (2002). "Análise dos efeitos preço e câmbio sobre o preço do óleo de soja na Cidade de São Paulo: uma aplicação do modelo VAR". *Revista de Economia e Sociologia Rural*. 15 (1). 69-106.
- Marques, M. (2017). "Análise da Intensidade Energética da Economia Portuguesa entre 1995-2014". Dissertação de Mestrado – Faculdade de Economia do Porto. 11-34.
- Menegaki, A. (2014). "On energy consumption and GDP studies; a meta-analysis of the last two decades". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 29. 31-36.
- Mielnik, O., Goldemberg, J. (2002). "Foreign direct investment and decoupling between energy and gross domestic product in developing countries". *Energy policy*. 30 (2). 87-89.
- Miketa, A. (2001). "Analysis of energy intensity developments in manufacturing sectors in industrialized and developing countries". *Energy Policy*. 29 (1). 769-775.
- Mulder, P., de Groot, H. (2012). "Structural change and convergence of energy intensity across OECD countries, 1970-2005". *Energy Economics*. 34 (6). 1910-1921.
- OCDE (2011). "Integração da Adaptação às Alterações Climáticas na Cooperação para o Desenvolvimento: Guia para o Desenvolvimento de Políticas". OCDE Publishing. Disponível em <http://dx.doi.org/10.1787/9789264110618-pt>
- Oikonomou, V., Becchis, F., Stegc, L., Russolillo, D. (2009). "Energy saving and energy efficiency concepts for policy making". *Energy Policy*. 37. 4787–4796.
- Okajima, S., Okajima, H. (2013). "Analysis of energy intensity in Japan". *Energy Policy*. 61 (1). 574-586.
- Omri, A. (2013). "CO<sub>2</sub> emissions, energy consumption and economic growth nexus in MENA countries: evidence from simultaneous equations models". *Energy Economics*. 40. 657-664.
- Ozturk, I. (2010). "A literature survey on energy–growth nexus". *Energy Policy*. 38. 340-349.
- Ozturk, I., Acaravci, A. (2010). "CO<sub>2</sub> emissions, energy consumption and economic growth in Turkey". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 14 (9). 3220-3225.
- Pao, H., Tsai, C. (2011a). "Multivariate Granger causality between CO<sub>2</sub> emissions, energy consumption, FDI (foreign direct investment) and GDP (gross domestic product): Evidence from a panel of BRIC (Brazil, Russian Federation, India, and China) countries". *Energy*. 36. 685-693.
- Pao, H., Tsai, C. (2011b). "Modeling and forecasting the CO<sub>2</sub> emissions, energy consumption, and economic growth in Brazil". *Energy*. 36. 2450-2458.
- Park, J., Hong, T. (2013). "Analysis of South Korea's economic growth, carbon dioxide emission, and energy consumption using the Markov switching model". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 18. 543-551.
- Parker, S., Liddle, B. (2016). "Energy efficiency in the manufacturing sector of the OECD: Analysis of price elasticities". *Energy Economics*. 58 (1). 38-45.

- Petrovic, P., Filipovic, S., Radovanovic, M. (2018). "Underlying causal factors of the European Union energy intensity: Econometric evidence". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 89. 216-227.
- Pinto Jr., H., de Almeida, E. (2007). "Economia da Energia: Fundamentos Econômicos, Evolução Histórica e Organização Industrial". 1ª edição. Rio de Janeiro. *Elsevier St.* 24-41.
- Proskuryakova, L., Kovalev, A. (2015), "Measuring energy efficiency: is energy intensity a good evidence base?". *Applied Energy*. 138. 450-459.
- Saboori, B., Sulaiman, J. (2013). "CO2 emissions, energy consumption and economic growth in Association of Southeast Asian Nations (ASEAN) countries: A cointegration approach". *Energy*. 55. 813-822.
- Saboori, B., Sapri, M., Bin Baba, M. (2014). "Economic growth, energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions in OECD (Organization for Economic Co-operation and Development)'s transport sector: a fully modified bi-directional relationship approach". *Energy*. 66. 150-161.
- Sadorsky, P. (2013). "Do urbanization and industrialization affect energy intensity in
- Schwarz, G. (1978). "Estimating the dimensional of a model". *Annals of Statistics, Hayward*. 6 (2), 461-464
- Shahiduzzaman, M., Alam, K. (2013). "Changes in energy efficiency in Australia: a decomposition of aggregate energy intensity using logarithmic mean Divisia approach". *Energy Policy*. 56 (1). 341-351.
- Stern, D.I. (2012). "Modeling international trends in energy efficiency". *Energy Economics*. 34 (1). 2200-2208.
- Sun, J. (2002). "The decrease in the difference of energy intensities between OECD countries from 1971 to 1998". *Energy Policy*. 30 (8). 631-635.
- Tan, R., Lin, B. (2018). "What factors lead to the decline of energy intensity in China's energy intensive industries?". *Energy Economics*. 71. 213-221.
- Tanaka, T. (2008). "Assessment of energy efficiency performance measures in industry and their application for policy". *Energy Policy*. 36. 2887-2902.
- Tiwari, A. (2012). "On the dynamics of energy consumption, CO2 emissions and economic growth: evidence from India". *Indian Economic Reviews*. 47 (1). 57-87.
- Voigt, S., De Cian, E., Schymura, M., Verdolini, E. (2014). "Energy intensity developments in 40 major economies: Structural change or technology improvement?". *Energy Economics*. 41 (3). 47-62.
- Wang, C. (2007). "Decomposing energy productivity change: a distance function approach". *Energy*. 32 (8). 1326-1333

Wang, S., Li, G., Fang, C. (2018). "Urbanization, economic growth, energy consumption, and CO<sub>2</sub> emissions: Empirical evidence from countries with different income levels". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 81 (2). 2144-2159.

Wang, S., Zhou, D., Zhou, P., Wang, Q. (2011). "CO<sub>2</sub> emissions, energy consumption and economic growth in China: a panel data analysis". *Energy Policy*. 39 (9). 4870-4875.

Wurlod, J.D., Noailly, J. (2018). "The impact of green innovation on energy intensity: An empirical analysis for 14 industrial sectors in OECD countries". *Energy Economics*. 71. 47-61.

Yang, G., Li, W., Wang, J., Zhang, D. (2016). "A comparative study on the influential factors of China's provincial energy intensity". *Energy Policy*. 88 (1). 74-85.

Zhou, P., Ang, B.W. (2008). "Decomposition of aggregate CO<sub>2</sub> emissions: a production theoretical approach". *Energy Economics*. 30 (3). 1054-1067.



## Anexo 1

Estimação pelo modelo BVAR, com as mesmas variáveis analisadas na Tabela 7, com exceção da variável IND.

	<b>LNIE</b>	<b>LNPIB</b>	<b>LNTFP</b>	<b>LNPE</b>
<b>LNIE (-1)</b>	0.6991 [13.3673]***	-0.0698 [-1.2194]	0.0264 [0.9033]	-0.5639 [-3.2450]***
<b>LNIE (-2)</b>	0.1708 [3.8474]***	0.0054 [0.1108]	0.0069 [0.2774]	-0.1533 [-1.0428]
<b>LNPIB (-1)</b>	-0.1306 [-1.9506]*	0.3406 [4.5908]***	0.0053 [0.1401]	-0.1982 [-0.8855]
<b>LNPIB (-2)</b>	-0.0426 [-1.0288]	0.0731 [1.5904]	-0.0039 [-0.1656]	-0.0567 [-0.4103]
<b>LNTFP (-1)</b>	0.0390 [0.2357]	0.0957 [0.5248]	0.0232 [0.2470]	-0.0346 [-0.0626]
<b>LNTFP (-2)</b>	0.0146 [0.1692]	0.0305 [0.3214]	-0.0035 [-0.0719]	-0.1591 [-0.5520]
<b>LNPE (-1)</b>	-0.0610 [-2.2799]**	-0.0319 [-1.0816]	0.0023 [0.1502]	0.1319 [1.4618]
<b>LNPE (-2)</b>	-0.0105 [-0.7289]	-0.0080 [-0.5035]	0.0003 [0.0339]	0.0155 [0.3198]
<b>C</b>	2.3576 [2.1852]**	5.6057 [4.7106]***	4.3251 [7.1016]***	10.7491 [2.9775]***
<b>R-squared</b>	0.9945	0.7681	0.4510	0.9091
<b>Adj. R-squared</b>	0.9902	0.5825	0.0118	0.8364
<b>Sum sq. resids</b>	0.0029	0.0067	0.0007	0.0364
<b>S.E. equation</b>	0.0170	0.0259	0.0086	0.0603
<b>F-statistic</b>	227.8891	4.1392	1.0268	12.5067
<b>Mean dependent</b>	4.8748	9.6997	4.6041	4.5317
<b>S.D. dependent</b>	0.1720	0.0400	0.0086	0.1491

Fonte: Elaboração própria com base no Programa Eviews. Valores de t-critico abaixo dos valores de estimação. \*, \*\*, \*\*\* significativo a 10%, 5% e 1% respectivamente.  
 LNIE: Logaritmo da Intensidade Energética. LNPIB: Logaritmo do PIB. LNTFP: Logaritmo do Fator Total de Produtividade. LNPE: Logaritmo do Preço da Energia



## Anexo 2

Estimação pelo modelo BVAR, com as mesmas variáveis analisadas na Tabela 7, com exceção da variável LNPE.

	<b>LNIE</b>	<b>LNPIB</b>	<b>IND</b>	<b>LNTFP</b>
<b>LNIE (-1)</b>	0.5976 [10.1749]***	0.0072 [0.1128]	0.0609 [3.6236]***	0.0289 [0.8799]
<b>LNIE (-2)</b>	0.1425 [3.1650]***	0.0238 [0.4848]	0.0115 [0.8987]	0.0076 [0.3027]
<b>LNPIB (-1)</b>	-0.0366 [-0.5444]	0.3337 [4.4831]***	-0.0642 [-3.3276]***	0.0023 [0.0614]
<b>LNPIB (-2)</b>	-0.0113 [-0.2728]	0.0702 [1.5244]	-0.0202 [-1.6990]	-0.0048 [-0.2073]
<b>IND (-1)</b>	0.9631 [3.5915]***	-0.4596 [-1.5567]	0.3541 [4.5708]***	-0.0291 [-0.1930]
<b>IND (-2)</b>	0.2976 [1.8355]*	0.0377 [0.2109]	0.0539 [1.1466]	-0.0067 [-0.0737]
<b>LNTFP (-1)</b>	-0.0238 [-0.1437]	0.1124 [0.6150]	0.0209 [0.4376]	0.0251 [0.2668]
<b>LNTFP (-2)</b>	-0.0042 [-0.0481]	0.0391 [0.4112]	0.0000 [-0.0009]	-0.0030 [-0.0616]
<b>C</b>	1.3694 [1.3762]	5.0906 [4.6387]***	0.5806 [2.0311]	4.3608 [7.7567]***
<b>R-squared</b>	0.9948	0.7727	0.9782	0.4561
<b>Adj. R-squared</b>	0.9907	0.5909	0.9608	0.0210
<b>Sum sq. resids</b>	0.0027	0.0066	0.0003	0.0007
<b>S.E. equation</b>	0.0166	0.0256	0.0059	0.0086
<b>F-statistic</b>	240.8390	4.2501	56.0933	1.0482
<b>Mean dependent</b>	4.8748	9.6997	0.3642	4.6041
<b>S.D. dependent</b>	0.1720	0.0400	0.0296	0.0086

Fonte: Elaboração própria com base no Programa Eviews. Valores de t-critico abaixo dos valores de estimação. \*, \*\*, \*\*\* significativo a 10%, 5% e 1% respectivamente. LNIE: Logaritmo da Intensidade Energética. LNPIB: Logaritmo do PIB. IND: índice do VAB setor indústria sobre o PIB. LNTFP: Logaritmo do Fator Total de Produtividade.



## Anexo 3

Estimação pelo modelo BVAR, com as mesmas variáveis analisadas na Tabela 7, com exceção das variáveis IND e LNPE.

	<b>LNIE</b>	<b>LNPIB</b>	<b>LNTFP</b>
<b>LNIE (-1)</b>	0.7494 [15.5880]***	-0.0419 [-0.7976]	0.0246 [0.9170]
<b>LNIE (-2)</b>	0.1810 [4.0957]***	0.0111 [0.2304]	0.0065 [0.2641]
<b>LNPIB (-1)</b>	-0.0976 [-1.4910]	0.3594 [4.9534]***	0.0041 [0.1120]
<b>LNPIB (-2)</b>	-0.0322 [-0.7825]	0.0790 [1.7282]*	-0.0042 [-0.1822]
<b>LNTFP (-1)</b>	0.0306 [0.1852]	0.0912 [0.5007]	0.0235 [0.2504]
<b>LNTFP (-2)</b>	0.0182 [0.2113]	0.0324 [0.3415]	-0.0037 [-0.0747]
<b>C</b>	1.3399 [1.3500]	5.0329 [4.5981]***	4.3610 [7.7765]***
<b>R-squared</b>	0.9932	0.7571	0.4472
<b>Adj. R-squared</b>	0.9899	0.6356	0.1708
<b>Sum sq. resids</b>	0.0036	0.0070	0.0007
<b>S.E. equation</b>	0.0173	0.0242	0.0079
<b>F-statistic</b>	294.2447	6.2327	1.6181
<b>Mean dependent</b>	4.8748	9.6997	4.6041
<b>S.D. dependent</b>	0.1720	0.0400	0.0086

Fonte: Elaboração própria com base no Programa Eviews. Valores de t-crítico abaixo dos valores de estimação. \*, \*\*, \*\*\* significativo a 10%, 5% e 1% respetivamente. LNIE: Logaritmo da Intensidade Energética. LNPIB: Logaritmo do PIB. LNTFP: Logaritmo do Fator Total de Produtividade.



## Anexo 4

Estimação pelo modelo BVAR, com as mesmas variáveis analisadas na Tabela 7, com exceção da variável LNPIB.

	LNIE	IND	LNTFP	LNPE
<b>LNIE (-1)</b>	0.5685 [9.3215]***	0.0734 [4.2089]***	0.0306 [0.8983]	-0.3124 [-1.5409]
<b>LNIE (-2)</b>	0.1329 [2.9444]***	0.0107 [0.8287]	0.0079 [0.3153]	-0.1071 [-0.7164]
<b>IND (-1)</b>	1.0478 [4.0763]***	0.4461 [6.0115]***	-0.0265 [-0.1833]	-0.7816 [-0.9106]
<b>IND (-2)</b>	0.2764 [1.7005]	0.0584 [1.2396]	-0.0057 [-0.0626]	-0.5722 [-1.0534]
<b>LNTFP (-1)</b>	-0.0448 [-0.2726]	-0.0068 [-0.1441]	0.0251 [0.2697]	-0.0827 [-0.1507]
<b>LNTFP (-2)</b>	-0.0182 [-0.2118]	-0.0106 [-0.4307]	-0.0032 [-0.0653]	-0.1760 [-0.6128]
<b>LNPE (-1)</b>	-0.0450 [-1.7200]	0.0010 [1.3300]	0.0023 [0.1486]	0.1506 [1.7084]
<b>LNPE (-2)</b>	-0.0084 [-0.5907]	0.0039 [0.9431]	0.0003 [0.0416]	0.0267 [0.5540]
<b>C</b>	1.4742 [1.6739]	-0.2167 [-0.8562]	4.3143 [8.6419]***	7.4828 [2.5398]**
<b>R-squared</b>	0.9957	0.9640	0.4560	0.9117
<b>Adj. R-squared</b>	0.9922	0.9351	0.0208	0.8410
<b>Sum sq. resids</b>	0.0023	0.0006	0.0007	0.0353
<b>S.E. equation</b>	0.0152	0.0075	0.0086	0.0595
<b>F-statistic</b>	286.7246	33.4240	1.0478	12.9004
<b>Mean dependent</b>	4.8748	0.3642	4.6041	4.5317
<b>S.D. dependent</b>	0.1720	0.0296	0.0086	0.1491

Fonte: Elaboração própria com base no Programa Eviews. Valores de t-crítico abaixo dos valores de estimação. \*, \*\*, \*\*\* significativo a 10%, 5% e 1% respetivamente. LNIE: Logaritmo da Intensidade Energética. IND: índice do VAB setor indústria sobre o PIB. LNTFP: Logaritmo do Fator Total de Produtividade. LNPE: Logaritmo do Preço da Energia





## Anexo 5

Estimação pelo modelo BVAR, com as mesmas variáveis analisadas na Tabela 7, com exceção da variável LNTFP.

	LNIE	LNPIB	IND	LNPE
<b>LNIE (-1)</b>	0.5576 [9.0562]***	-0.0187 [-0.2772]	0.0637 [3.6177]***	-0.3563 [-1.7403]*
<b>LNIE (-2)</b>	0.1343 [2.9768]***	0.0201 [0.4090]	0.0123 [0.9607]	-0.1006 [-0.6728]
<b>LNPIB (-1)</b>	-0.0687 [-1.0138]	0.3227 [4.2935]***	-0.0608 [-3.1205]***	-0.2902 [-1.2803]
<b>LNPIB (-2)</b>	-0.0212 [-0.5096]	0.0650 [1.4030]	-0.0195 [-1.6281]	-0.0889 [-0.6383]
<b>IND (-1)</b>	0.9471 [3.5421]***	-0.4498 [-1.5281]	0.3570 [4.6225]***	-1.2038 [-1.3480]
<b>IND (-2)</b>	0.2726 [1.6777]	0.0251 [0.1403]	0.0557 [1.1830]*	-0.5929 [-1.0919]
<b>LNPE (-1)</b>	-0.0528 [-1.9656]*	-0.0337 [-1.1387]	0.0030 [0.3841]	0.1185 [1.3094]
<b>LNPE (-2)</b>	-0.0110 [-0.7614]	-0.0076 [-0.4817]	0.0015 [0.3680]	0.0159 [0.3265]
<b>C</b>	2.1872 [2.6986]**	6.2791 [7.0069]***	0.5962 [2.5612]**	10.5046 [3.8699]***
<b>R-squared</b>	0.9959	0.7790	0.9784	0.9296
<b>Adj. R-squared</b>	0.9926	0.6022	0.9612	0.8733
<b>Sum sq. resids</b>	0.0022	0.0064	0.0003	0.0282
<b>S.E. equation</b>	0.0148	0.0253	0.0058	0.0531
<b>F-statistic</b>	302.0087	4.4064	56.6652	16.5062
<b>Mean dependent</b>	4.8748	9.6997	0.3642	4.5317
<b>S.D. dependent</b>	0.1720	0.0400	0.0296	0.1491

Fonte: Elaboração própria com base no Programa Eviews. Valores de t-critico abaixo dos valores de estimação. \*, \*\*, \*\*\* significativo a 10%, 5% e 1% respectivamente. LNie: Logaritmo da Intensidade Energética. LNPIB: Logaritmo do PIB. IND: índice do VAB setor indústria sobre o PIB. LNPE: Logaritmo do Preço da Energia



## Anexo 6

Estimação pelo modelo BVAR, com as mesmas variáveis analisadas na Tabela 7, com exceção das variáveis LNPIB e LNTFP.

	<b>LNIE</b>	<b>IND</b>	<b>LNPE</b>
<b>LNIE (-1)</b>	0.5690 [9.3351]***	0.0737 [4.2254]***	-0.3083 [-1.5216]
<b>LNIE (-2)</b>	0.1322 [2.9326]***	0.0105 [0.8188]	-0.1090 [-0.7301]
<b>IND (-1)</b>	1.0447 [4.0670]***	0.4454 [6.0054]***	-0.7923 [-0.9237]
<b>IND (-2)</b>	0.2749 [1.6924]	0.0577 [1.2263]	-0.5825 [-1.0729]
<b>LNPE (-1)</b>	-0.0448 [-1.7113]	0.0101 [1.3485]	0.1528 [1.7345]
<b>LNPE (-2)</b>	-0.0083 [-0.5814]	0.0039 [0.9537]	0.0273 [0.5678]
<b>C</b>	1.1851 [4.3027]***	-0.2977 [-3.7644]***	6.2766 [6.7925]***
<b>R-squared</b>	0.9957	0.9635	0.9079
<b>Adj. R-squared</b>	0.9922	0.9453	0.8618
<b>Sum sq. resids</b>	0.0023	0.0006	0.0369
<b>S.E. equation</b>	0.0152	0.0069	0.0554
<b>F-statistic</b>	286.7246	52.7976	19.7083
<b>Mean dependent</b>	4.8748	0.3642	4.5317
<b>S.D. dependent</b>	0.1720	0.0296	0.1491

Fonte: Elaboração própria com base no Programa Eviews. Valores de t-critico abaixo dos valores de estimação. \*, \*\*, \*\*\* significativo a 10%, 5% e 1% respetivamente. LNIE: Logaritmo da Intensidade Energética. IND: índice do VAB setor indústria sobre o PIB. LNPE: Logaritmo do Preço da Energia

